Techn. 39 b+ Chauveau

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Die

Gasmaschinen.

Theorie und Konstruktion

der

mit Leuchtgas, Generatorgas, Petroleum- und Benzin-
dämpfen betriebenen Motoren

von

Gustave Chauveau
Directeur de la Compagna do Gaz à Porto, Lauréat de la Société technique
de l'Industrie du Gaz en France etc.

Autorisirte, mit mehrfachen Ergänzungen versehene, deutsche Uebersetzung

von

Albrecht von Ihering
Regierungsbaumeister und Docent für Maschinenlehre an der Königl. Technischen
Hochschule zu Aachen.

Mit 224 Figuren im Text.

Leipzig
Verlag von Wilhelm Engelmann
1895.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Vorwort des Verfassers.

Die mit den verschiedensten Gasen, Leuchtgas, Wassergas, Benzin- und Petroleumdämpfen u. s. w. betriebenen Motoren stehen gegenwärtig im Vordergrund des Interesses der gesammten industriellen Welt. Nach 30 Jahren fortgesetzter Versuche, nach verschiedenen Perioden des Erfolges und des Misserfolges, haben sich die Gasmaschinen endlich dauernd in die Praxis eingeführt, dienen allerorten den verschiedensten Zwecken und legen durch ihre unaufhörlich wachsende Verbreitung das beste Zeugniss ihrer Leistungsfähigkeit ab. Für die ausserordentlich rasche Aufnahme der Gasmaschinen kann die eine Thatsache den besten Beweis liefern, dass allein in Europa in kaum mehr als 10 Jahren über 30000 Maschinen des Otto'schen Systems verkauft worden sind.

Ebenso hat die Weltausstellung zu Paris im Jahre 1889 gezeigt, welchen Umfang bereits damals die Gasmotorenindustrie angenommen hatte. Auf derselben waren Motoren für Leuchtgas, Wassergas, Benzin und Petroleum in grosser Menge vertreten, welche tagtäglich Dynamomaschinen, Pumpen u. s. w. in zufriedenstellendster Weise betrieben. Auch waren bereits damals die Gasmotoren nicht nur für das Kleingewerbe, sondern auch für Leistungen von 10, 15, 20 und 25 PS. bestimmt und auch für noch höhere Leistungen bereits vortheilhaft angewandt, wie zwei in Paris ausgestellte 100pferdige Gasmaschinen bewiesen, deren eine von der Firma Powell in Rouen, die andere von der Compagnie française des moteurs à gaz gebaut war.

Die Petroleummotoren haben bisher hauptsächlich durch ihre eigenartige Konstruktion und die verschiedenartigen Anwendungen, welche sie ermöglichen, das Interesse der Fachleute und der Industrie wachgerufen.

Bei dem mehr und mehr wachsenden Interesse, welches den Gasmaschinen entgegengebracht wird, schien dem Verfasser ein leicht verständliches und praktisches Buch, welches die gegenwärtig existirenden Gasmaschinen und ihre verschiedenen Anwendungen behandelt, bei der geringen Anzahl von Veröffentlichungen über dieselben ein Bedürfniss, und soll das vorliegende Buch dasselbe erfüllen. Indessen soll es keine ausschliesslich wissenschaftliche, den theoretischen Untersuchungen gewidmete Arbeit sein, sondern ein Buch, in welchem die Mittheilungen aus der Praxis den Vorrang besitzen und welches mit den so eigenartigen Gasmaschinen bekannt und vertraut machen soll, deren Vorzüge von Tag zu Tag wachsen werden.

Den Herren G. Richard, A. Witz, D. Clerk und R. Schöttler aber, durch deren hervorragende Arbeiten der Verfasser bei seinen Entwickelungen viele werthvolle Unterstützung gefunden hat, sei hier der wärmste Dank abgestattet.

16. März 1890.

Gustave Chauveau.

Vorwort des Uebersetzers.

Zur Herausgabe einer deutschen Uebersetzung des von der „Société technique de l'Industrie du Gaz en France" preisgekrönten Chauveau-schen Buches wurde ich hauptsächlich durch den Umstand bewogen, dass in demselben namentlich die französischen und auch manche neuere englische Gasmotoren eingehend behandelt und viele Mittheilungen speziell über die französischen Motoren enthalten sind, welche auch den deutschen, mit dem Bau und dem Betriebe von Gasmotoren sich befassenden Fachleuten von nicht zu unterschätzendem Werthe sein dürften.

Im Allgemeinen war ich bestrebt, den Inhalt des Buches wortgetreu wiederzugeben, und sind nur an manchen Stellen ältere Angaben, sowie manche ältere Zahlen theils durch den Verfasser, theils durch mich durch neuere Werthe ersetzt worden. Um jedoch auch den in den letzten Jahren nach Veröffentlichung des Chauveau'schen Werkes vollzogenen Fortschritten im Gebiete des Gas- und Petroleummotorenbaues gerecht zu werden, habe ich einerseits bei den im Buche bereits beschriebenen Systemen die neusten Konstruktionen, soweit ich derselben habhaft werden konnte, aufgenommen und die Resultate neuster Versuche mitgetheilt, so bei den Motoren von Otto, Körting, Lenoir, Charon, Simplex u. A., andererseits verschiedene neuere, speziell deutsche Systeme aufgenommen, welche in dem Chauveau'schen Buche noch nicht enthalten waren. Hierher gehören ausser verschiedenen, auf der Chicagoer Weltausstellung im Jahre 1893 ausgestellten Motoren die deutschen Motoren von Dürkopp, Hille, Kappel, Lutzky und Sombarth, sowie die Petroleummotoren von Capitaine, Daimler, Dürkopp, Grob und Otto.

Die theoretischen Entwickelungen Chauveau's wurden vollkommen unverändert wiedergegeben. Da die für die Weiterentwickelung der Theorie

der Gasmaschinen so ausserordentlich wichtigen Versuche von Slaby nebst den aus denselben gezogenen Schlussfolgerungen und Gesetzen erst nach vollendeter Drucklegung des theoretischen Theils in ihrer Gesammtheit veröffentlicht wurden, so habe ich einen besonderen Nachtrag (s. Anhang II) für die Slaby'schen Untersuchungen für unerlässlich gehalten, welcher naturgemäss nur auszugsweise die wesentlichsten Resultate derselben wiedergeben kann.

Von der Aufnahme der in den zahlreichen Tabellen des Originals enthaltenen Preise der Gas- und Petroleummotoren habe ich wegen dem häufigen Wechsel derselben, wegen der Unmöglichkeit, die gegenwärtig gültigen Preise aller betreffenden Firmen genau zu erfahren und wegen des geringen Werthes derselben für den deutschen Markt Abstand genommen.

Hinzugefügt habe ich ferner einen kurzen Anhang über den Leerlaufsgasverbrauch der Gasmotoren und dessen Verhältniss zum Gasverbrauch während des Betriebs, sodann ein Litteraturverzeichniss, in welchem ich jedoch nur die letzten 5—6 Jahre berücksichtigt habe, da die wichtigste, bis zum Jahre 1889 erschienene Litteratur über die Gas-, Benzin- und Petroleummotoren in der zweiten Auflage von Schöttler's „Gasmaschine" zu finden ist. Ein alphabetisches Sach- und Namensregister hielt ich zur besseren Orientirung für geboten.

Allen Firmen, welche mich durch Zusendung von Zeichnungen und Mittheilung von Versuchsergebnissen in meiner Arbeit unterstützt und in den Stand gesetzt haben, die Mehrzahl der bekannteren deutschen Gas- und Petroleummotorensysteme mit aufzunehmen, sage ich hiermit meinen herzlichsten Dank.

Aachen, den 18. September 1894.

Albrecht von Ihering.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorwort des Verfassers	III
Vorwort des Uebersetzers	V
Erstes Kapitel. Allgemeine Theorie der Gasmaschinen	1
Einleitende Betrachtungen aus der mechanischen Wärmetheorie	1
Von den Wärmekraftmaschinen	8
Eintheilung der Gasmaschinen	12
Maschinen der ersten Klasse oder Explosionsmaschinen ohne Verdichtung	12
Maschinen der zweiten Klasse oder Explosionsmaschinen mit Verdichtung	13
Maschinen der dritten Klasse oder Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung	14
Untersuchung der theoretischen Kreisprozesse der Gasmaschinen	14
Maschinen der ersten Klasse	15
„ „ zweiten „	20
„ „ dritten „	21
Berechnung der Wirkungsgrade der verschiedenen Kreisprozesse	28
Maschinen der ersten Klasse	29
„ „ zweiten „	30
„ „ dritten „	31
Vergleich der wirklichen und theoretischen Diagramme	34
Die Ursachen der Wärmeverluste in den Gasmaschinen	36
Zweites Kapitel. Ueber die Bauart der Gasmaschinen im Allgemeinen	43
Eintheilung der Gasmaschinen nach ihrer Bauart	43
Maschinen mit Verdichtung und vollkommener Expansion	48
Verbundgasmaschinen	49
Maschinen mit vollkommener Expansion in einem Cylinder	50
Gasdampfmaschinen	52
Umsteuerbare Gasmaschinen	53
Konstruktionseinzelheiten der Gasmaschinen	55
Verschiedene Konstruktionstheile der Gasmaschinen	82
Drittes Kapitel. Geschichtlicher Ueberblick über die Entwickelung der Gasmaschinen	86
Viertes Kapitel. Beschreibung der Gasmaschinen	103
A. Maschinen der ersten Klasse mit Explosion, jedoch ohne Kompression	103
Maschine von Lenoir	104

Seite

Atmosphärische Maschinen 106
Maschine von Otto und Langen. 108
Gemischte Maschinen 112
Maschine von Bisshop 115
" " Bénier 117
" " Forest. 119

B. Maschinen der zweiten Klasse, mit Explosion und Verdichtung der Ladung . 121
Gruppe A . 121
Gasmaschinen von Otto 125
Liegende, eincylindrische Maschinen 126
Liegende, mehrcylindrische Maschinen 133
Stehende Maschinen 135
Maschinen mit Membransteuerung 142
Gasmaschine von Lenoir 149
" „Simplexmotor" 155
" von Körting 163
" " Tenting 172
" " Durand 174
" " Daimler 175
" " Charon 179
" " Atkinson 186
" System Lutzky 192
" " Kappel 196
" " Hille 200
" " Sombart 205
" von Dürkopp 208
" der Root's Economic Gasengine Co. 210
Gruppe B . 211
Gasmaschine von Benz 216
" " Ravel 221
Gruppe C . 224
Gasmaschine von Griffin 226

C. Maschinen der dritten Klasse, Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung der Ladung 230
Gasmaschine der National Meter Co. 231

Fünftes Kapitel. Allgemeine Betrachtungen über die Wahl und Aufstellung der Gasmotoren 233
Die Wahl eines Motors 233
Die Verkaufsbedingungen 235
Die Aufstellung eines Gasmotors 236
Die Wahl des geeigneten Platzes 236
Das Fundament 236
Die Montage 237
Die Luftentnahme 237
Der Auspuff 237
Die Gasentnahme 238
Die Kühlung 239
Die Zündung 240

Seite

Verschiedene Beispiele der Aufstellung von Gasmaschinen 242
Aufstellung einer eincylindrischen Gasmaschine von Benz 242
" " " " " Otto 242
" eines Körting'schen Kühlers 245
Das Anlassen und die Wartung der Gasmaschinen 246
Die Regulirung der Geschwindigkeit 248

Sechstes Kapitel. Allgemeine Betrachtungen über die mit minderwerthigen Gasen betriebenen Maschinen und die Apparate zur Erzeugung dieser Gase . 251

Allgemeiner Ueberblick über die Apparate zur Erzeugung minderwerthiger Gase 251
Der Dowson-Generator 254
Der Wassergasapparat System Buire-Lencauchez 258
Beschaffung des Koks in grösseren Betrieben 262

Allgemeine Betrachtungen über die mit minderwerthigen Gasen betriebenen Maschinen 263

Siebentes Kapitel. Benzin- und Petroleum-Motoren 267

Die Anwendung flüssiger Brennstoffe zum Betriebe der Gasmotoren . 267

Allgemeine Betrachtungen über die Benzinmotoren 274

Beschreibung einiger Benzinmotoren 279
Benzinmotor von Lenoir 279
" " Otto 282
" Simplex-Motor 289
" von Tenting 290
" " Durand 292
" " Benz 295
" " Daimler 296

Allgemeine Betrachtungen über die mit gewöhnlichem Lampenpetroleum betriebenen Maschinen oder Petroleummotoren . 297

Beschreibung einiger Petroleummotoren 298
Petroleummotor von Brayton 298
" „Sicherheitsmotor", System Belmont, Chabout und Diéderichs 301
Petroleummotor von Ragot 304
" " Daimler 306
" " Dürkopp 309
" " J. M. Grob & Co. 312
" der Sintz Gas Engine Co. 315
Petroleummotor System „Capitaine" von Swiderski 318
" von Nobel 324
Naphthamotor der Gas Engine and Power Co. 326

Achtes Kapitel. Anwendungen der Gasmotoren 329
Die Gaslokomobilen 332
Die Gaslokomotiven 335
Die Anwendung der Gasmaschinen für die Schifffahrt 338

Seite

Anhang I. Vergleich der Betriebskosten einiger verschiedener Maschinensysteme 342
1. Druckluftmaschine, System Popp 343
2. Gasmaschine ohne Kompression, System Bisshop 344
3. Gasmotor ohne Kompression, System Bénier 344
4. Gasmaschine mit Kompression, System Noël 344
5. Gasmaschine, System Lenoir 345
6. Heissluftmaschine, System Bénier 345
7. Petroleummotor, System Lenoir 345
8. Kleindampfmaschine, System Hermann-Lachapelle 346
9. Gasmaschine, System Lenoir 346
10. Heissluftmaschine, System Bénier 346
11. Benzinmotor, System Lenoir 346
12. Kleindampfmaschine, System Hermann-Lachapelle 346
13. Zwei-Cylinder-Gasmotor, System Otto 347
14. „ „ „ „ „ mit Dowsongas betrieben . . . 347
15. Verbunddampfmaschine, System Hermann-Lachapelle 347

Anhang II. Calorimetrische Untersuchungen der Gasmaschine . . . 351

Anhang III. Der Leerlaufsgasverbrauch 355

Tabelle der Produkte der Petroleumindustrie 356
Litteratur-Verzeichniss 357
Alphabetisches Namen- und Sach-Register 369

Bayerische
Staatsbibliothek
MÜNCHEN

Erstes Kapitel.

Allgemeine Theorie der Gasmaschinen.

Einleitende Betrachtungen aus der mechanischen Wärmetheorie.

Die Erfahrung lehrt, dass jede bewegende Kraft die Wärme zur Ursache hat, und die nach dieser Richtung hin angestellten Versuche führten zu den beiden folgenden Hauptgesetzen:

Jeder Kraftentwickelung oder Arbeitsleistung entspricht der Verlust einer gleichwerthigen Wärmemenge und umgekehrt

jedem Arbeitsverlust entspricht eine gleichwerthige, erzeugte Wärmemenge.

Man kann also Arbeit und Wärme als zwei verschiedene Erscheinungen ein und derselben Ursache ansehen, welche sich durcheinander durch gleichwerthige Mengen ersetzen lassen.

Indessen bedarf man zum Vergleich beider einer Einheit, welcher eine gleichwerthige Grösse in der anderen Form entspricht.

Diese Einheit ist für die Wärme die Wärmeeinheit (W. E.), d. h. diejenige Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 kg Wasser bei konstantem Druck um 1° C. zu erwärmen.

Die entsprechende Grösse für die Arbeit, das mechanische Aequivalent der Wärme, ist gleich 425 mkg. (1 mkg ist jene Arbeit, welche im Stande ist, ein Gewicht von 1 kg in 1 Sek. auf eine Höhe von 1 m zu heben; 75 mkg bezeichnet man als eine Dampf-Pferdestärke.)

Um daher eine Arbeit von 425 mkg zu leisten, hat man eine W. E. zu verbrauchen und umgekehrt eine Leistung von 425 mkg zu verrichten, um 1 W. E. zu erzeugen.

Das mechanische Aequivalent der Wärme, gewöhnlich mit E bezeichnet, ist somit gleich 425 mkg.

Umgekehrt ist das gewöhnlich mit A bezeichnete Wärmeäquivalent der Arbeitseinheit

$$A = \frac{1}{E} = \frac{1}{425} = 0{,}00235 \text{ W.E.}$$

Nach diesen einleitenden Bemerkungen sollen zunächst die Zustandsänderungen der Körper insgemein, sodann speziell der Gase untersucht werden, welche dieselben durch die Wärme erleiden.

Der physikalische Zustand eines Körpers ist durch drei Grundbegriffe bestimmt: seinen Druck, sein Volumen und seine Temperatur.

Diese drei Begriffe hängen derartig von einander ab, dass eine Einwirkung auf einen derselben auch eine Veränderung der beiden anderen zur Folge hat.

Diese Veränderungen finden in der Weise statt, dass die durch die folgende allgemeine Gleichung ausgedrückte Beziehung besteht, nämlich dass

$$f(p, v, t) = 0$$

ist, worin p und v den Druck und das Volumen eines Körpers bei der Temperatur t bedeuten.

Für den Fall der gasförmigen Körper, welcher für die Folge allein in Betracht kommt, ergiebt sich die allgemeine Beziehung aus dem Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetze.

Dasselbe ist jedoch streng genommen nur für vollkommene Gase zutreffend. Für die nachfolgenden Untersuchungen ist es indessen mit genügender Annäherung gültig und schreibt sich folgendermassen:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

worin

$$R = \frac{p_0 v_0}{273}, \quad T = 273 + t$$

ist, und p und v den Druck und das Volumen des Gases bei einer Temperatur von t °C. bezeichnen.

R ist eine Konstante, welche für jedes Gas einen bestimmten Werth besitzt und sich auch in der Form

$$R = p_0 v_0 \cdot \alpha$$

schreiben lässt, also gleich dem Produkt aus Druck und Volumen eines Gases bei 0° ($p_0 v_0$) und dem Ausdehnungskoeffizient desselben ist.

Da nun der Koeffizient α für vollkommene Gase als nahezu konstant und gleich $\frac{1}{273}$ gesetzt werden kann, so folgt, dass R durch den Ausdruck $\frac{p_0 v_0}{273}$ ersetzt, oder als konstant angesehen werden kann.

T bezeichnet man als die absolute Temperatur eines Körpers, d. h. die vom absoluten Nullpunkt, — 273° C., an gezählte Temperatur.

Nimmt man an, dass beim absoluten Nullpunkt das Volumen des Gases gleich Null sein soll, so folgt, da in der Gleichung

$$p \cdot v = R \cdot T = R(t + 273)$$

das erste Glied gleich Null ist, dass auch das zweite Glied gleich Null oder $t = -273^0$ sein muss. Unter der Voraussetzung, dass die angeführten Ge-

setze für diese Temperatur noch Gültigkeit haben, entspricht somit — 273⁰ einem Minimum der Temperatur.

Die Aenderungen der Gleichung

$$f(p, v, t) = 0$$

lassen sich jederzeit graphisch darstellen. Es seien in Fig. 1 ox und oy zwei Achsen und es soll ein Körper vom Volumen v, vom Drucke p und der Temperatur t, welche durch die Gleichung f (p, v, t) = 0 bestimmt ist, untersucht werden.

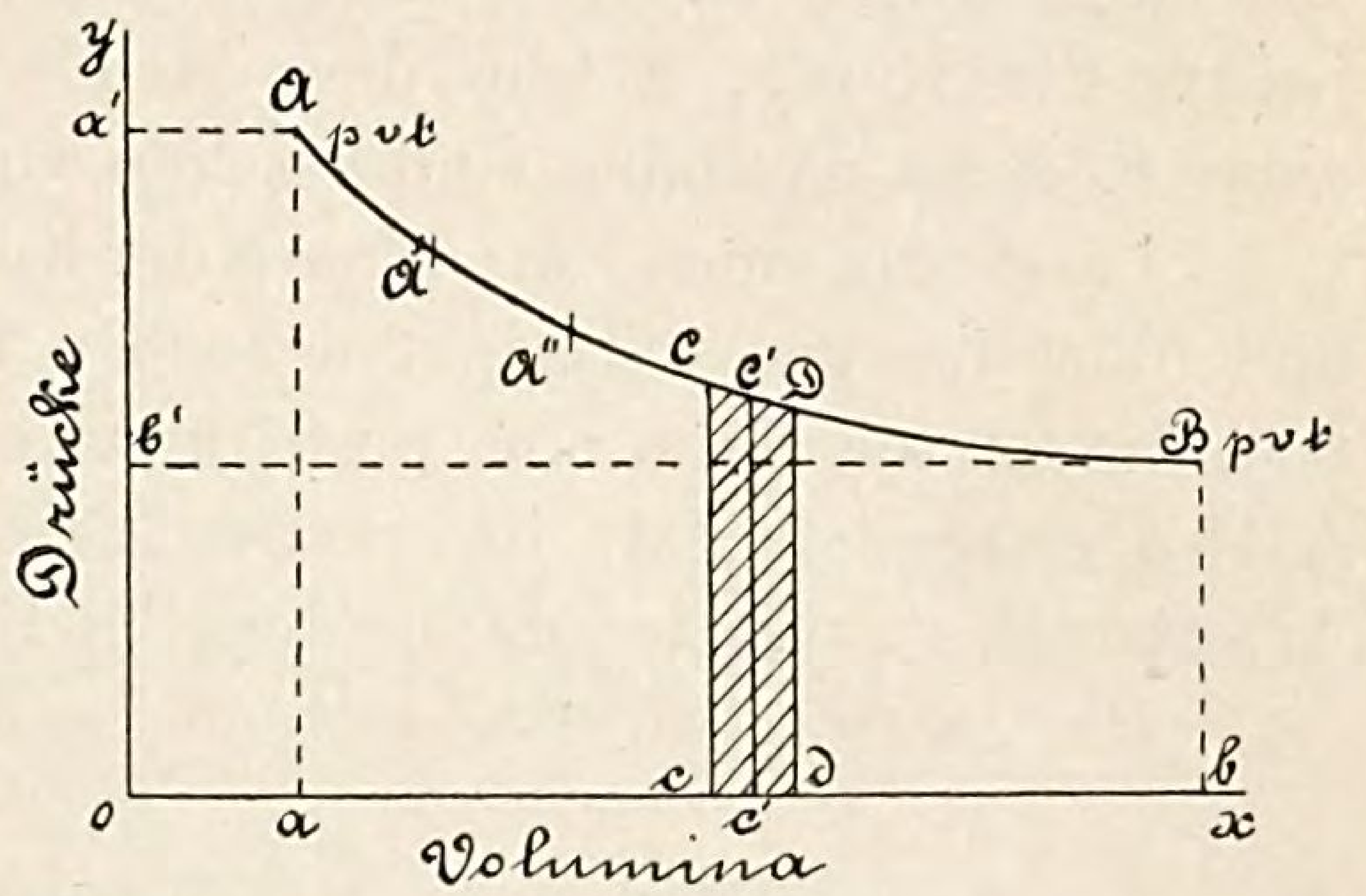


Fig. 1.

Trägt man auf ox eine Strecke oa ab, welche das Volumen v darstellt, und auf oy eine Strecke oa′, entsprechend dem Druck p, und zieht durch a und a′ zwei Parallelen zu oy und ox, so stellt der Schnittpunkt A beider Linien den Zustand p, v, t des Körpers dar.

Nimmt man an, dass der Körper von dem durch den Punkt A dargestellten Zustand p, v, t in den durch den Punkt B dargestellten Zustand p_1, v_1, t_1 übergeht, so wird er eine Reihe von Zwischenzuständen p′v′t′, p″v″t″ u.s.w. durchlaufen, welche man gleichfalls durch eine Reihe von Punkten A′A″ u. s. w. dargestellt denken kann. Verbindet man die so gefundenen Punkte, so erhält man eine Kurve, welche den Uebergang des Körpers vom Zustand p v t in den Zustand $p_1 v_1 t_1$ darstellt.

Bei jeder Aenderung des Ausdrucks

$$f(p, v, t)$$

findet aber ein Verlust bezw. Gewinn von Wärme, also auch eine Erzeugung oder ein Verbrauch von mechanischer Arbeit statt.

Diese positive oder negative Arbeit ist durch die von der Kurve, der Volumenachse und den Ordinaten der Grenzzustände eingeschlossene Fläche repräsentirt.

Bei der durch Fig. 1 dargestellten Zustandsänderung wird der Körper beim Uebergang vom Zustand A in den Zustand B Wärme verlieren und ist die erzeugte oder gewonnene Arbeit durch die Fläche aACBba repräsentirt.

Betrachtet man die verrichtete, äussere Arbeit, d. h. also das Produkt aus Druck und Volumen, zwischen zwei unendlich benachbarten Punkten C und D, so ist dieselbe durch die aus den Seiten cd und der mittleren Ordinate c′C′ gebildete Rechtecksfläche dargestellt. Die Gesammtarbeit zwischen A und B ist demnach die Summe aller ∞ kleinen Rechtecke CDdc, also die Fläche aACBba.

Um äussere, nutzbare Arbeit zu erzeugen, genügt es, den physikalischen Zustand eines Körpers zu verändern, wobei derselbe jedoch stets wieder in den Anfangszustand zurückkehren muss.

Dies ist beispielsweise der Fall bei einer Dampfmaschine, welche ihr Speisewasser aus dem Kondensator entnimmt und dasselbe, nachdem die Arbeit verrichtet ist, an den letzteren im gleichen Zustand wieder abgiebt.

Die Veränderung des physikalischen Zustandes eines Körpers und die Zurückführung in den Anfangszustand kann jedoch auf sehr verschiedene Art und Weise erfolgen. Von besonderem Interesse und praktischer Anwendung sind jedoch nur einige wenige dieser Aenderungen. In allen Fällen muss jedoch die Kurve, welche diese Aenderungen des physikalischen Zustandes eines Körpers darstellt, eine geschlossene Kurve sein.

Lässt man einen Körper nach der Kurve AB, Fig. 1, seinen Zustand ändern, und führt ihn rückwärts auf derselben Kurve von B nach A zurück, so hat man im ersten Falle eine positive Arbeitsleistung, welche durch die Fläche ABba dargestellt ist, im zweiten Falle dagegen eine negative oder einen Arbeitsverlust, welcher durch dieselbe Fläche repräsentirt ist.

Die äussere, wirklich gewonnene Arbeit ist somit gleich Null.

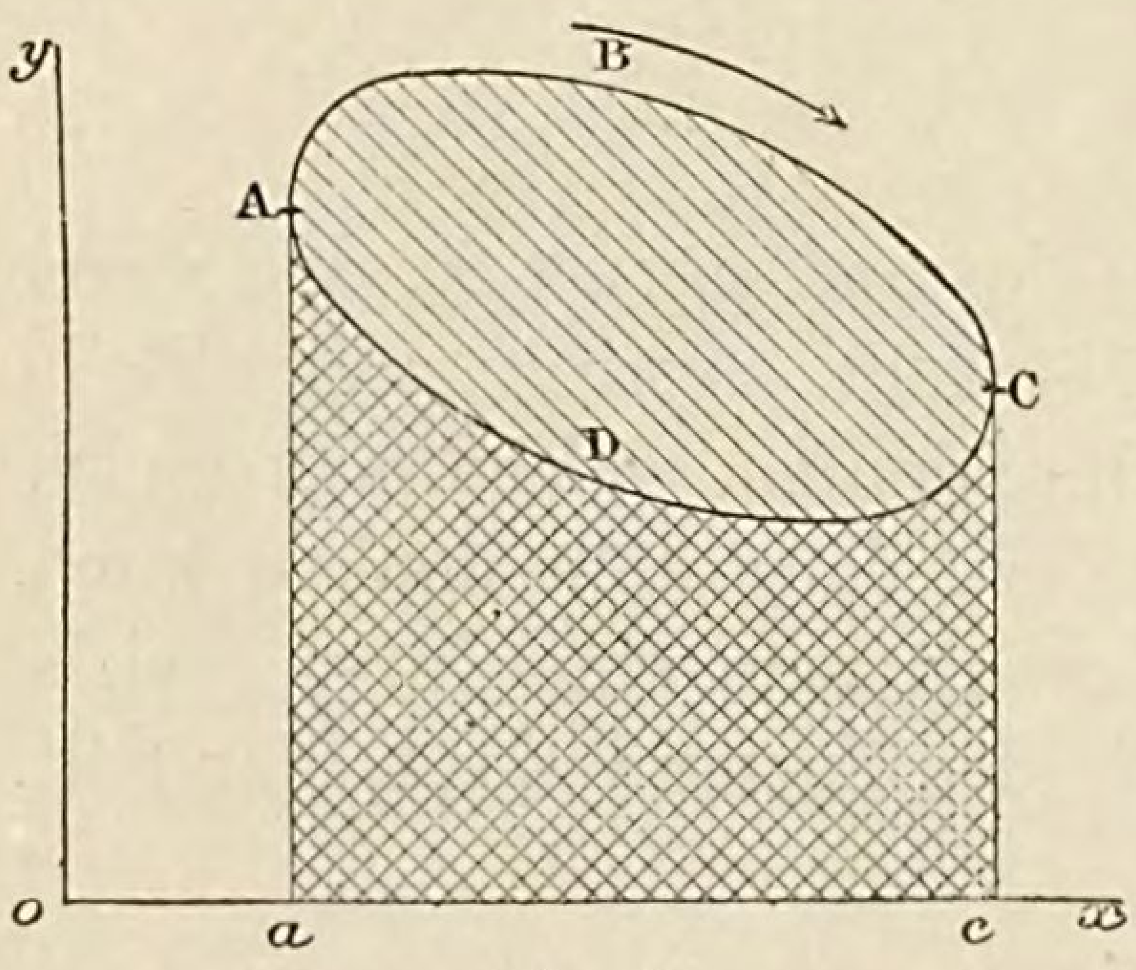


Fig. 2.

Führt man dagegen den Körper vom Zustand A nach A zurück, Fig. 2, nachdem man ihn einer Reihe von Aenderungen, welche durch die Kurve ABCD dargestellt sind, unterworfen hat, so wird eine äussere Arbeit gewonnen, welche durch die von der Kurve ABCD eingeschlossene Fläche repräsentirt ist.

Da nämlich die beim Uebergang von A über B nach C gewonnene Arbeit durch die Fläche ABCca und die beim Rückgang von C über D nach A verlorene Arbeit durch die Fläche ADCca dargestellt ist, so ist die wirklich nutzbar gemachte Arbeit gleich der Differenz der beiden Flächen, d. h. gleich der von der Kurve eingeschlossenen Fläche ABCD.

Um jedoch eine geschlossene Kurve zu erhalten, muss der Körper stets zwei Zustandsänderungen durchmachen, bei deren einen er Wärme verliert, der anderen dagegen Wärme aufnimmt.

Die Differenz zwischen der aufgenommenen und abgegebenen Wärme repräsentirt sodann die in nutzbare Arbeit verwandelte Wärme. Da diese aufgenommene bezw. verlorene Wärme von irgend einer Stelle herkommen bezw. irgendwohin abgegeben werden muss, so folgt, dass zwei Wärmequellen von verschiedenen Temperaturen vorhanden sein müssen, deren erstere Wärme an den Körper abgeben, deren andere ihm Wärme entziehen, also abkühlend auf ihn wirken muss.

Hat daher die erste Wärmequelle Q W. E. bei der Temperatur T abgegeben, der abkühlende Körper dagegen q W. E. bei der Temperatur t aufgenommen, so wird die erzeugte Arbeit

$$U = 425\,(Q - q)\ \text{mkg}$$

sein.

Wie oben erwähnt, bieten nur einige wenige, besondere Zustandsänderungen Interesse. Die erste derselben ist diejenige, bei welcher die Aenderung des Druckes und Volumens bei konstanter Temperatur erfolgt.

Die Kurve, welche die Zustandsänderung eines Körpers für diesen Fall darstellt, heisst die isothermische Kurve, oder die Kurve bei konstanter Temperatur.

Für den vorliegenden Fall, d. h. also für die Gase, schreibt sich die Gleichung dieser Kurve:

$$p \,.\, v = \text{Konst.}$$

Allgemein galt nämlich die Gleichung

$$p \,.\, v = R\,T,$$

worin R für irgend ein Gas konstant war. Da jedoch T auch konstant sein soll, so schreibt sich demnach die Gleichung der isothermischen Kurve

$$p \,.\, v = \text{Konst.}$$

Diese Gleichung wird durch eine gleichseitige Hyperbel dargestellt.

Da R und T gegeben sind, so kann man p oder v unmittelbar berechnen, sobald einer der beiden Werthe bekannt ist.

Geht ein Gas isothermisch vom Volumen v in das Volumen v_0 über, so wird die ganze aufgenommene bezw. abgegebene Wärme in nutzbare bezw. verlorene Arbeit umgesetzt, welche durch die im Vorstehenden näher bezeichnete Fläche repräsentirt ist, und sich aus der Gleichung:

$$U = R \,.\, T \,.\, \ln \frac{v}{v_0} \quad \text{mkg}$$

ergiebt.

Die entsprechende, abgegebene bezw. aufgenommene Wärmemenge erhält man sodann direkt durch Multiplikation des zweiten Gliedes der vorstehenden Gleichung mit

$$A = \frac{1}{E} = \frac{1}{425}.$$

Eine zweite, wichtige Zustandsänderung ist diejenige, welche sich ohne irgend eine Aufnahme oder Abgabe von Wärme vollzieht. Der Körper ändert seinen Zustand in diesem Falle nach einer adiabatischen Kurve, oder einer Kurve ohne Wärmeübergang.

Für Gase schreibt sich die Gleichung dieser Kurve:

$$p_0\, v_0^{\frac{c_p}{c_v}} = p\, v^{\frac{c_p}{c_v}} = \text{Konst.}$$

Hierin bedeutet c_p die specifische Wärme des Gases bei konstantem Druck, d. h. die Wärmemenge, welche nöthig ist, um 1 kg Gas bei konstantem Druck um 1^0 C. zu erwärmen, und c_v diese Wärmemenge bei konstantem Volumen.

Diese Kurve ist gleichfalls eine Hyperbel[1]), welche die Isotherme in einem Punkte schneidet.

Im Vorhergehenden war nachgewiesen, dass man, wenn man ein Gas eine Reihe von Zustandsänderungen durchmachen lässt und dasselbe in seinen Anfangszustand zurückführt, mechanische Arbeit gewinnen kann.

Die letztere kann auch dann gewonnen werden, wenn der Körper die verschiedenen Zustandsänderungen in umgekehrter Richtung durchmacht.

Diese Reihe aufeinanderfolgender Zustände, durch welche der Körper hindurchgeht, und welche sich in bestimmten Perioden regelmässig wiederholen, bildet einen sogenannten Kreisprozess.

Die oben besprochene, geschlossene Kurve stellt mithin einen Kreisprozess dar und Alles, was von ihr gesagt ist, gilt auch für den letzteren.

Für denselben ist mithin eine Wärmequelle und ein abkühlender Körper nothwendig, erstere für die Erzeugung einer bestimmten Wärmemenge Q, der letztere für die Aufnahme einer zweiten Wärmemenge q. Da nun die wirklich gewonnene Arbeit der Wärmemenge Q — q gleich ist, so wird dieselbe um so grösser sein, je grösser diese Differenz ist.

Um die Nutzeffekte der Kreisprozesse mit einander zu vergleichen, bedient man sich des Ausdruckes

$$\varrho = \frac{Q - q}{Q},$$

welcher den Wirkungsgrad jeder Maschine darstellt, d. h. der Anzahl der in der Maschine wirklich nutzbar gemachten Wärmeeinheiten entspricht.

Da jeder Kreisprozess einen besonderen Werth von ϱ ergiebt, so ist es vortheilhaft, jenen Kreisprozess zur Ausführung zu bringen, welcher den grössten Werth von ϱ ergiebt.

Unter allen Kreisprozessen ist einer der wichtigsten der unter dem Namen des Carnot'schen Kreisprozesses bekannte.

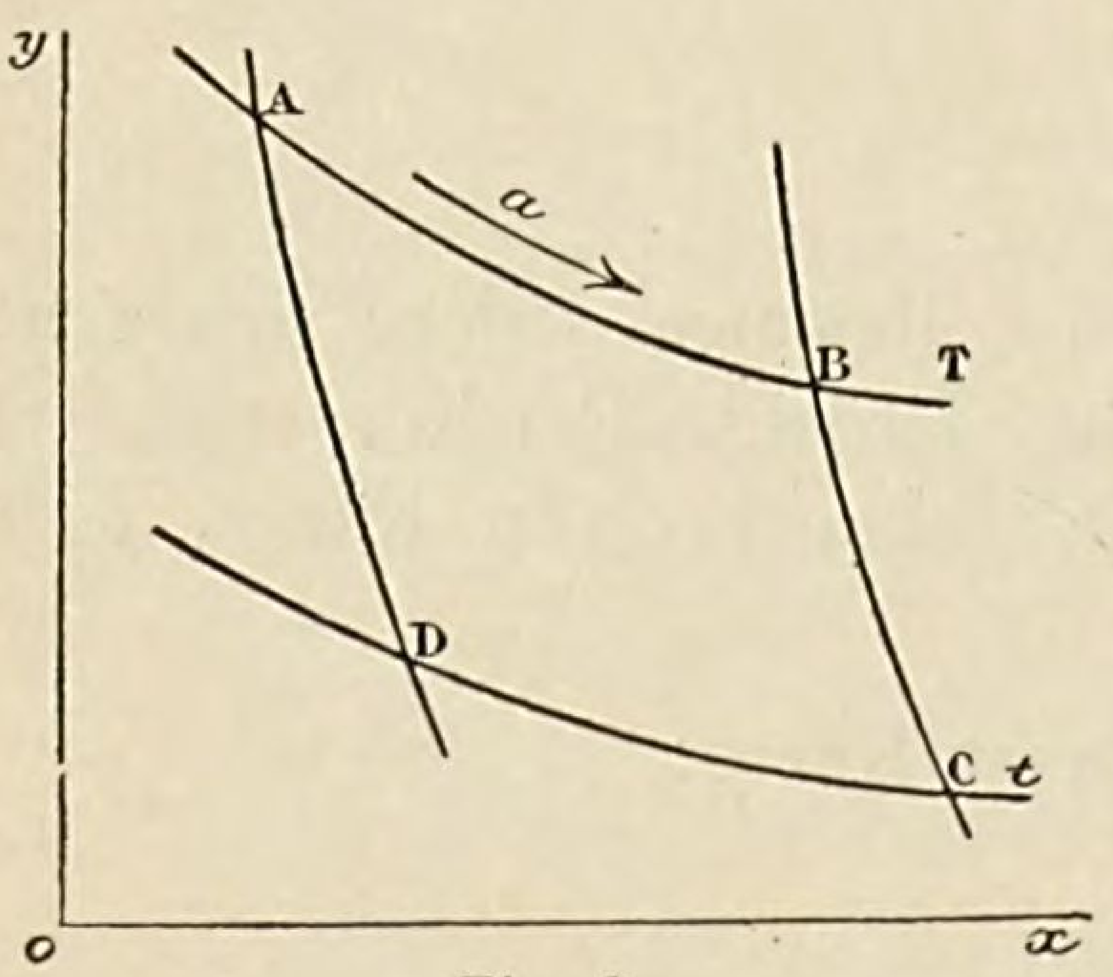


Fig. 3.

Derselbe ist gebildet durch zwei isothermische Kurven AB, CD, Fig. 3, und zwei adiabatische Kurven AD, BC. Von den isothermischen Kurven liegt die eine auf der Temperatur T der Wärmequelle, die andere auf der Temperatur t des abkühlenden Körpers. Der Punkt A sei als Ausgangspunkt gedacht und die Kurve in der Richtung des Pfeils a umfahren.

Auf dem Wege AB bleibe die Temperatur konstant gleich jener der Wärmequelle, während der Druck abnimmt, das Volumen dagegen wächst. Von B nach C nimmt das letztere gleichfalls fortwährend zu, der Druck und die Temperatur dagegen ab, wobei die letztere vom

1) Jedoch keine gleichseitige mehr.

Punkte B mit der Temperatur T nach dem Punkte C mit der Temperatur t ohne irgend welchen Verlust oder Gewinn von Wärme übergeht. Von C nach D nimmt das Volumen wieder ab, der Druck dagegen zu, während die Temperatur konstant und zwar gleich jener des abkühlenden Körpers bleibt. Von D an wird das Volumen fortgesetzt kleiner, der Druck dagegen grösser, während die Temperatur allmählich steigt, ohne dass eine Aufnahme oder Abgabe von Wärme stattfindet, bis sie wieder gleich der Temperatur T der Wärmequelle geworden ist, wenn der Körper in den Anfangspunkt A zurückgekehrt ist.

Die erzeugte Arbeit ist durch die Fläche ABCD, der Wirkungsgrad des Kreisprozesses durch den Werth

$$\varrho = \frac{Q - q}{Q} = \frac{T - t}{T}$$

repräsentirt, worin T — t der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und dem abkühlenden Körper ist und auch das Wärmegefälle genannt wird.

Der Wirkungsgrad eines Carnot'schen Kreisprozesses ist mithin dem Wärmegefälle proportional.

Dieser Kreisprozess hat die Eigenthümlichkeit umkehrbar zu sein, d. h. entweder in dem durch den Pfeil a angedeutetem oder dem entgegengesetzten Sinne ausgeführt werden zu können.

Die Carnot'schen Kreisprozesse sind vollkommen und haben die Eigenthümlichkeit, dass sie, wenn sie zwischen denselben Temperatur-Grenzen ausgeführt werden, auch stets denselben Wirkungsgrad ergeben. Der letztere kann nun zwar von anderen Kreisprozessen erreicht, aber nie übertroffen werden.

Der grösste Wirkungsgrad, welcher also von einer zwischen der Temperatur T und t arbeitenden Wärmekraftmaschine irgend welcher Art erreicht werden kann, ist mithin

$$\varrho = \frac{T - t}{T},$$

also dem Wärmegefälle proportional.

Eine Anzahl von Bezeichnungen, welche im weiteren Verlaufe der Betrachtungen Anwendung finden werden, seien an dieser Stelle zunächst erklärt.

Wird eine bestimmte Mischungsmenge entzündet, so muss sie theoretisch eine Wärmemenge entwickeln, welche man die Gesammtwärme nennt.

In Wirklichkeit kommt jedoch in Folge von verschiedenen Verlusten nur eine geringere, als die vorerwähnte Wärmemenge, die sogenannte disponible oder nutzbare Wärme zur Wirkung.

Diese Wärme leistet die ganze verrichtete Abreit, welche auf den Kolben übertragen und als die indizirte Arbeit bezeichnet wird.

In Folge der Reibungen und anderer Verluste erhält man jedoch an der Maschinenwelle auch nur einen Theil dieser indizirten Arbeit, die wirkliche oder effektive Arbeit.

Das Verhältniss der effektiven zur indizirten Arbeit nennt man den mechanischen oder maschinellen Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad ϱ des Kreisprozesses, d. h. das Verhältniss zwischen der nutzbar gemachten zur ganzen entwickelten Wärme, gestattet die Berechnung der in der Maschine wirklich verbrauchten Wärmemenge und hiernach des Gasverbrauchs. Zuweilen bedient man sich noch des Wirkungsgrades ϱ_1[1]), d. h. des Verhältnisses des Wirkungsgrades des ausgeführten Kreisprozesses zum Wirkungsgrad eines innerhalb derselben Temperaturgrenzen vollzogenen Carnot'schen Kreisprozesses, welcher sich folgendermassen schreibt:

$$\varrho_1 = \frac{\frac{Q - q}{Q}}{\frac{T - t}{T}}$$

Von den Wärmekraftmaschinen.

Unter Wärmekraftmaschinen sind jene Maschinen zu verstehen, in welchen verschiedenartige Flüssigkeiten mehreren, in bestimmten Zeiträumen wiederkehrenden Prozessen unterworfen werden, durch welche eine bestimmte mechanische Arbeit entwickelt und nutzbar gemacht wird.

Wie oben ausgeführt war, wird die Reihenfolge dieser Prozesse als Kreisprozess bezeichnet.

Wird zur Erleichterung der weiteren Untersuchungen vorausgesetzt, dass die Wärmekraftmaschinen in Wirklichkeit die Bedingungen eines vollkommenen Kreisprozesses erfüllen, so ist der Wirkungsgrad derselben dem Wärmegefälle $T - t$, d. h. dem Unterschied zwischen den absoluten Temperaturen der Wärmequelle und des abkühlenden Körpers, über welche man verfügen kann, proportional. Je grösser also dieses Wärmegefälle ist, um so grösser ist auch die erzeugte mechanische Arbeit. Leider sind jedoch die Temperaturen T und t begrenzt, sodass das Wärmegefälle nur einen ganz bestimmten Maximalwerth annehmen kann. Betrachtet man zunächst den häufigsten Fall, d. h. denjenigen in welchem Wasserdampf als vermittelnde Flüssigkeit angewandt ist, so ist die Wärmequelle durch irgend eine Feuerung dargestellt, welche auf die äussere Oberfläche eines mit Wasser gefüllten, geschlossenen Metallgefässes einwirkt, während die atmosphärische Luft hier, wie auch in den meisten anderen Fällen, den abkühlenden Körper darstellt.

In diesem Falle kann die Temperatur T nicht über 773^0 (500^0 C.) steigen, bei welcher Temperatur die zwischen der Feuerung und dem Wasser liegenden Metallwände bereits dunkelroth werden, während die Temperatur t

1) Vom Autor mit „rendement générique" bezeichnet.

nicht unter 273° (0° C.), die niedrigste Temperatur, welche man für gewöhnlich zur Verfügung hat, sinken kann. Hieraus folgt, dass das für eine Dampfmaschine zur Verfügung stehende Wärmegefälle im Allgemeinen nicht mehr als 500° C. betragen kann, dass mithin der Wirkungsgrad des Kreisprozesses für den vorliegenden Fall höchstens 65 % beträgt, stets aber kleiner als 1 sein wird.

Dieses Wärmegefälle von 500° C. wird jedoch in Wirklichkeit bei Weitem nicht vollständig ausgenutzt. Verschiedene Umstände tragen dazu bei, den obigen Maximal-Wirkungsgrad zu verkleinern.

Hierher gehört vor allem der Umstand, dass die Spannung des Wasserdampfes mit zunehmender Temperatur sehr rasch steigt, sodass eine oberste Grenze von T nicht überschritten werden kann, welche durch die Festigkeit der Kesselbleche [1]) gebildet ist, während eine untere Grenze durch die schlechte Wirksamkeit des abkühlenden Körpers, also der Luft gegeben ist. Man hat allerdings versucht, den Dampf zu überhitzen, indessen sind die Resultate dieser Versuche keine zufriedenstellenden.

Anderseits hat man den Versuch gemacht, die Temperatur t mit Hilfe von Kondensatoren zu erniedrigen, indessen kann man auch hierbei nicht gut unter 45° C. (318° abs.) heruntergehen.

Man kann daher für Dampfmaschinen nur ein Wärmegefälle von etwa 200° C., entsprechend einem Wirkungsgrad von 39 %, als den grössten erreichbaren Werth ansehen [2]). Um die vorstehend erwähnten Nachtheile zu vermeiden, hat man versucht, den Wasserdampf durch die Luft zu ersetzen, deren Spannung weniger rasch mit der Temperatur wächst.

Man gelangte so zur Ausführung der sogenannten Heissluftmaschinen.

Bei denselben ist die Wärmequelle gleichfalls noch durch eine Feuerung gebildet, welche ebenfalls die äussere Oberfläche eines geschlossenen, metallischen Gefässes erwärmte, in dessen Inneren jedoch nicht mehr Wasser, sondern Luft enthalten ist. Während nun die Ersetzung des Wassers durch die Luft die Anwendung einer bedeutend höheren Temperatur T ermöglicht, ist die Temperatur t dagegen viel höher, als bei den Dampfmaschinen, sodass man auch hier nur ein Wärmegefälle von 250° C., entsprechend einem Wirkungsgrad von ca. 44 % erzielt. Ist somit der Wirkungsgrad der Heissluftmaschinen gegenüber demjenigen der Dampfmaschinen nicht unwesentlich erhöht, so ergeben sich andere Nachtheile, welche ein Aufgeben der Heissluftmaschinen zur Folge hatten.

Die Nothwendigkeit, sehr grosse, weit schwerer als Wasserdampf zu erwärmende Luftmengen sehr rasch auf hohe Temperaturen zu bringen, er-

[1]) Bei 236° C. ist der Dampfdruck schon grösser als 30 kg/qcm. In der Praxis geht man aber meistens nicht über 6—7 kg/qcm, welche Drücke einer Temperatur von 158—164° C. entsprechen.

[2]) Das erwähnte Wärmegefälle von 200° C. verlangt jedoch die Anwendung eines Kondensators und von Drücken, welche über 7 kg/qcm liegen, also eine sehr vortheilhaft arbeitende Dampfmaschine.

forderte die Anwendung sehr grosser, metallischer Oberflächen, wodurch die Heissluftmaschinen sehr gross und schwerfällig wurden.

Kurz, die Resultate waren nicht die, welche man erwartet hatte.

Der Wirkungsgrad wäre günstiger gewesen, wenn man die Temperatur T hätte erhöhen können, allein hier sowohl, wie bei den Dampfmaschinen verbot die zwischen dem Feuer und der Luft vorhandene metallische Wand ein Ueberschreiten der obersten Temperatur T von 400° C. oder 673° abs.

Um nun in einfacher Weise das Wärmegefälle zu vergrössern sowie das Volumen der Heissluftmaschinen zu verkleinern, dachte man daran, die metallische, zwischen dem Feuer und dem vermittelnden Körper befindliche Metallwand fortzulassen.

Zu diesem Zwecke wurde der Feuerherd mit von der äusseren Hülle der Maschine umschlossen und die Luft gezwungen, die Brennstoffschicht zu durchdringen, ehe sie zu dem Feuer gelangte.

Diese, das Feuer durchziehende und die Verbrennung unterhaltende Luft bleibt jedoch keine reine Luft mehr, sondern ein Gemisch von Luft, Kohlensäure, Stickstoff u. s. w., welches auf eine hohe Temperatur gebracht ist und hierauf auf den Kolben der Maschine wirkt.

Diese Maschinen haben daher eine ganz andere Wirkungsweise, als die vorhergehenden. Während in den ersteren irgend ein vermittelnder Körper (Wasserdampf oder Luft) in der Maschine einer Reihe physikalischer Prozesse unterworfen wurde, vermöge deren er mechanische Arbeit zu verrichten im Stande war, dieser Körper aber die Maschine in demselben physikalischen und chemischen Zustand verliess, in welchem er in dieselbe eintrat, ist dies bei der letzteren Maschine nicht mehr der Fall.

Während allerdings auch hier ein bestimmter vermittelnder Körper (die Luft) in die Maschine gelangt, wird derselbe unter dem Einfluss chemischer Vorgänge in seiner Zusammensetzung verändert. Der dadurch erhaltene vermittelnde Körper (ein Gemisch von Luft, Kohlensäure, Stickstoff u. s. w.) wird nun erst physikalischen Prozessen unterworfen, durchläuft eine Reihe von Zustandsänderungen, vermöge deren er mechanische Arbeit zu verrichten im Stande ist, und verlässt die Maschine in demselben physikalischen Zustand wie die in dieselbe eingeführte Luft, d. h. in demselben Druck-, Volum- und Temperatur-Zustand. Während des chemischen Prozesses (der Verbrennung) werden die Gase auf eine hohe Temperatur gebracht. Diese letzteren Maschinen sind also Feuerluftmaschinen, deren vermittelnder Körper das Produkt der Verbrennung des Kohlenstoffes in der Luft ist. Zur Unterscheidung von den früheren Maschinen soll die vorstehende Bezeichnung in der Folge beibehalten werden.

Da nun der physikalische Zustand der beiden vermittelnden Körper (Luft und Verbrennungsprodukte) trotz ihrer verschiedenen Zusammensetzung derselbe bleibt, so sind auch die Gesetze der Wärmelehre auf beide anwend-

bar. Mit diesen Maschinen wurden bedeutend höhere Wärmegefälle erreicht als mit den früheren und war ihr Volumen bedeutend kleiner als dasjenige der Heissluftmaschinen. Leider waren jedoch auch sie noch zu gross, zu komplizirt und schwer im Betrieb zu halten, da die Regulirung des Feuers durch feste Brennstoffe grosse Schwierigkeiten verursachte. Ausserdem nutzten die mit Verunreinigung, Asche, Staub u. s. w., erfüllten Verbrennungsgase die Cylinder der Maschinen sehr rasch ab. Trotz dieser Nachtheile würden diese Maschinen grosse Dienste geleistet haben, wenn sie nicht durch die mit Gas betriebenen Maschinen, die eigentlichen Gasmaschinen verdrängt worden wären, welche ihre Vortheile im gleichen Maasse besassen, ihre Nachtheile jedoch grösstentheils beseitigten, freilich nicht ohne, dass andere Nachtheile, wenn auch von geringerer Bedeutung, an deren Stellen traten.

Die Gasmaschinen beruhen auf demselben Prinzip wie die zuletzt besprochenen Maschinen, nur ist der feste durch einen gasförmigen Brennstoff ersetzt und die Feuerung verschwunden; die Entzündung des Gemisches von Luft und Gas erfolgt in einem geschlossenen Raum, welcher mit dem Arbeitscylinder in Verbindung steht.

Es ist leicht einzusehen, dass genau wie früher die Luft der vermittelnde Körper ist, dass hingegen in Folge der Verbrennung einer bestimmten Gasmenge in dieser Luft die Verbrennungsprodukte auf eine solche Temperatur gebracht und einer Reihe von Zustandsänderungen unterworfen werden, vermöge deren sie die von der Maschine gelieferte mechanische Arbeit verrichten. Die Gasmaschinen sind mithin strenggenommen auch Feuerluftmaschinen (da sie Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf etc. enthalten), in welchen jedoch der Brennstoff gasförmig ist. Letzterem Umstande ist der Name Gasmaschinen zuzuschreiben, welcher auch hier beibehalten werden soll, worin jedoch das Wort „Gas“ den Brennstoff und nicht etwa die Verbrennungsprodukte bezeichnet.

Alles, was nun über die Feuerluftmaschinen gesagt ist, gilt auch für die eigentlichen Gasmaschinen. Wie bereits erwähnt, besteht der Unterschied zwischen den Feuerluftmaschinen und Gasmaschinen in der Ersetzung des festen durch den flüssigen Brennstoff. Hierdurch werden die letzteren Maschinen wesentlich vortheilhafter als die ersteren. Da zunächst Gase viel leichter zu handhaben sind als feste Körper, so ist der Betrieb der Maschine einfacher und leichter zu reguliren. Die grossen, zu erhitzenden metallischen Oberflächen, die Feuerung etc. sind in Fortfall gekommen, wodurch die Maschinen bedeutend einfacher und kleiner geworden sind. Die Schnelligkeit des benutzten chemischen Prozesses erlaubt in sehr kurzer Zeit beliebig grosse Mengen des vermittelnden Körpers in einem kleinen Raume zu erwärmen. Ausserdem können die Gase in Folge dieses Vorganges auf bedeutend höhere Temperaturen gebracht werden, als bei irgend einem der früheren Prozesse.

Leider müssen jedoch die Cylinderwandungen, da sie den hohen Temperaturen, auf welche sie ohne Kühlung gelangen würden, nicht widerstehen

könnten, auf eine Temperatur nicht nur unter 400° C., derjenigen der Rothgluth, sondern auch unter 300° C. abgekühlt werden, bei welcher die für gewöhnlich angewandten Schmiermittel sich zersetzen und in diesem Zustande den bewegten Theilen nur schädlich statt nützlich sein würden. Hierdurch geht eine sehr beträchtliche Wärmemenge verloren und wird die Temperatur der Verbrennungsprodukte wesentlich vermindert, indessen ist dieselbe immer noch weit höher als diejenige der Cylinderwandungen und diejenige bei den früher besprochenen Maschinen.

Trotzdem ist das wirkliche Wärmegefälle im Allgemeinen nicht viel grösser als bei den Feuerluftmaschinen, da die Verbrennungsprodukte mit sehr hohen Temperaturen abgehen.

Da es jedoch möglich ist, die Austritts-Temperatur der Verbrennungsprodukte etwas zu erniedrigen, so ist das Wärmegefälle und somit auch der Wirkungsgrad noch einer geringen Steigerung fähig.

Trotz der grossen Wärmeverluste durch die Kühlung und die Abgase vermögen die Gasmaschinen gegenwärtig den verschiedenen anderen Wärmekraftmaschinen die Spitze zu bieten und wird in dem Maasse, wie sie sich vervollkommnen, ihre Zukunft eine immer gesichertere werden.

Eintheilung der Gasmaschinen.

Trotz der grossen Anzahl der bis zur Gegenwart erfundenen Gasmaschinen, sind die wesentlichen Unterschiede zwischen der Mehrzahl der Maschinen nicht gross und kann man dieselben vom Gesichtspunkte des von ihnen ausgeführten Kreisprozesses aus in eine bestimmte Anzahl genau zu unterscheidender Klassen eintheilen; dieselben sind:

1. Klasse: Explosionsmaschinen ohne Kompression.
2. „ Explosionsmaschinen mit Kompression.
3. „ Verbrennungsmaschinen mit Kompression.

Ausserdem giebt es noch einige Maschinen, welche sich keiner Klassifizirung unterwerfen lassen, indessen sind dieselben nicht zahlreich, in neuerer Zeit nicht mehr ausgeführt und meist von geringem Interesse, sodass auch auf die Behandlung derselben hier nicht weiter eingegangen werden soll.

Maschinen der ersten Klasse oder Explosionsmaschinen ohne Verdichtung.

Die erste Klasse ist, theoretisch betrachtet, die allereinfachste.

Der Kolben saugt beim Ausgang während eines Theiles des Hubes ein bestimmtes Gas- und Luftgemisch an. Hierauf wird die Einströmung abgegeschlossen, das Gemisch entzündet und zur Explosion gebracht. Der erzeugte Druck schiebt den Kolben vor sich her, bis der letztere seinen Hub vollendet hat, worauf beim Rückgang die Verbrennungsprodukte in die freie Luft getrieben werden.

Der Kreisprozess umfasst somit folgende, sich periodisch wiederholende Vorgänge:

1. Ansaugen des Gemisches;
2. Entzündung des Gemisches;
3. Expansion;
4. Entweichen bezw. Austreiben der verbrannten Gase in die Luft.

Die Maschinen dieser Klasse können einfach oder doppeltwirkend sein, d. h. die vier verschiedenen Vorgänge können nur auf der einen Kolbenseite allein oder auf beiden Seiten ausgeführt werden.

Die ersten Gasmaschinen gehörten dieser Klasse an und waren doppeltwirkend. Meistens sind indessen die Maschinen dieser Klasse einfachwirkend. Wird die Expansion nur bis zum äusseren Luftdruck geführt, so heissen die Maschinen dieser Klasse auch gemischte Maschinen (aus später zu erörternden Gründen).

Wird dagegen durch besondere Vorkehrungen die Expansion soweit getrieben, dass von einem bestimmten Momente an der Druck im Cylinder kleiner als der äussere Luftdruck wird, so ändert sich die Wirkungsweise vollkommen. Jetzt wird nicht mehr die Spannkraft des Gases, sondern der äussere Luftdruck nutzbar gemacht. Da nämlich unter dem Kolben ein geringerer Druck als der äussere Luftdruck herrscht, so wird der Kolben durch den letzteren bis zu dem Augenblick zurückgetrieben werden, in welchem der Druck der Verbrennungsgase, welche im Cylinder enthalten sind, gleich dem äusseren Luftdruck ist. Diese Maschinen sind unter dem Namen Atmosphärische Maschinen bekannt. Einige Autoren weisen denselben einen besonderen Platz an. Berücksichtigt man jedoch ihren Kreisprozess, so erkennt man, dass es derjenige der Maschinen der ersten Klasse ist, dessen vergrösserte Expansion nur in anderer Weise ausgenutzt ist. Dieser Grund, sowie die geringe Zahl der atmosphärischen Maschinen, und endlich die Bequemlichkeit ihrer Behandlung bei dieser Klasse hat ihre Einfügung zur ersten Klasse veranlasst.

Maschinen der zweiten Klasse oder Explosionsmaschinen mit Verdichtung.

Bei den Maschinen der zweiten Klasse wird die Mischung, anstatt direkt nach ihrem Einsaugen bei atmosphärischer Spannung entzündet zu werden, auf einen höheren Druck komprimirt.

Der Kreislauf gestaltet sich dann folgendermassen:

1. Ansaugen des Gemisches;
2. Verdichtung des Gemisches;
3. Entzündung des Gemisches;
4. Expansion;
5. Entweichen oder Austreiben der Verbrennungsgase in die Luft.

Nach der Art und Weise, wie der Kreislauf bei den Maschinen der zweiten Klasse ausgeführt wird, sowie zur leichteren Behandlung der einzelnen Maschinen kann man folgende Unterabtheilungen treffen.

Die Gruppe A, vom weitaus grösstem Interesse, umfasst jene Maschinen, bei welchen sich der Kreisprozess in einem Cylinder vollzieht. Setzt man für jeden Vorgang einen Kolbenhub voraus, so folgt, dass vier Kolbenhübe nöthig sind, deren einer arbeitsleistend ist, dass ferner nur je eine Explosion bei zwei Umdrehungen der Maschine und zwar immer auf derselben Kolbenseite stattfindet.

Bei der weniger wichtigen Gruppe B vollzieht sich der Kreisprozess in mehreren Cylindern, einem Arbeitscylinder und einem oder mehreren anderen Cylindern, aus welchen das Gasgemisch in den Arbeitscylinder geschafft wird (sei es direkt oder durch ein oder zwei Zwischenbehälter hindurch), worauf das Gasgemisch im Arbeitscylinder komprimirt wird. Diese Anordnung hat den Zweck, die Anzahl der zur Ausführung des Kreisprozesses erforderlichen Kolbenhübe zu verkleinern, um bei jeder Umdrehung auf derselben Kolbenseite eine Zündung zu ermöglichen, dadurch aber eine grössere Gleichmässigkeit des Ganges zu erzielen.

Die Gruppe C endlich umfasst eine sehr kleine Anzahl von Maschinen, bei welchen die vier Vorgänge des Kreisprozesses sich gleichfalls in einem Cylinder vollziehen; sie unterscheiden sich von den Maschinen der ersten Gruppe nur durch das Hinzufügen je zweier Kolbenhübe während eines Kreisprozesses, um (zu einem später noch zu erörternden Zwecke), das Ansaugen und Austreiben einer Füllung reiner Luft zu ermöglichen.

Maschinen der dritten Klasse oder Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung.

Lässt man das Gemisch nicht explodiren, d. h. die Verbrennung bei konstantem Volumen stattfinden, sondern das Gemisch allmählich verbrennen, sodass der Druck konstant bleibt, so hat man eine Maschine der dritten Klasse. Diese Maschinen stammen direkt von den Feuerluftmaschinen ab, sind jedoch wenig untersucht und behandelt und in der Praxis nicht mehr im Gebrauch. Ihr Kreislauf ist folgender:

1. Ansaugen des Gemisches;
2. Verdichtung des Gemisches;
3. Verbrennung des Gemisches bei konstantem Druck;
4. Expansion;
5. Entweichen oder Austreiben der Verbrennungsgase in die freie Luft.

Dieser Kreisprozess ist meistens durch Anwendung zweier Cylinder ausgeführt worden, deren einer der Arbeitscylinder, der andere der Kompressionscylinder ist, wie dies auch bei den Maschinen der Gruppe B der zweiten Klasse der Fall war.

Untersuchung der theoretischen Kreisprozesse der Gasmaschinen und Berechnung ihrer Wirkungsgrade.

An der Hand der vorstehenden Eintheilung der Gasmaschinen, welche die Betrachtung wesentlich erleichtert, sowie auf Grund der Thatsache, dass

die Gesetze der Wärmelehre auf sie alle anwendbar sind, soll nun die Untersuchung der theoretischen Kreisprozesse sowie die Berechnung der Wirkungsgrade der Kreisprozesse jeder einzelnen Maschinenklasse ausgeführt werden, wodurch ein Vergleich der einzelnen Systeme untereinander ermöglicht wird.

Es soll zunächst, um die Berechnung der Kreisprozesse möglich zu machen, vorausgesetzt werden, dass dieselben sich als vollkommene Prozesse ausführen liessen. Zu diesem Zwecke sollen folgende Annahmen gemacht werden:

1. Das Einsaugen des Gemisches findet bei konstantem Drucke statt, welcher gleich dem äusseren Luftdrucke ist.

2. Die Explosion ist eine momentane und findet bei den Maschinen der beiden ersten Klassen bei konstantem Volumen statt.

Die Verbrennung bei den Maschinen der dritten Klasse findet bei konstantem Drucke statt.

3. Die Verbrennung ist eine vollkommene.

4. Die Expansion erfolgt ohne Wärmezu- oder -abfuhr, also adiabatisch.

5. Die Expansion ist eine vollständige.

6. Das Austreiben der Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder findet bei konstantem Drucke statt, welcher gleich dem äusseren Luftdrucke ist.

7. Der Reibungswiderstand der Maschine sei gleich Null.

Maschinen der ersten Klasse.

Figur 4 stellt ein vollkommenes Diagramm einer Maschine dieser Klasse oder mit anderen Worten die verschiedenen Vorgänge im Cylinder dieser Maschine, nämlich

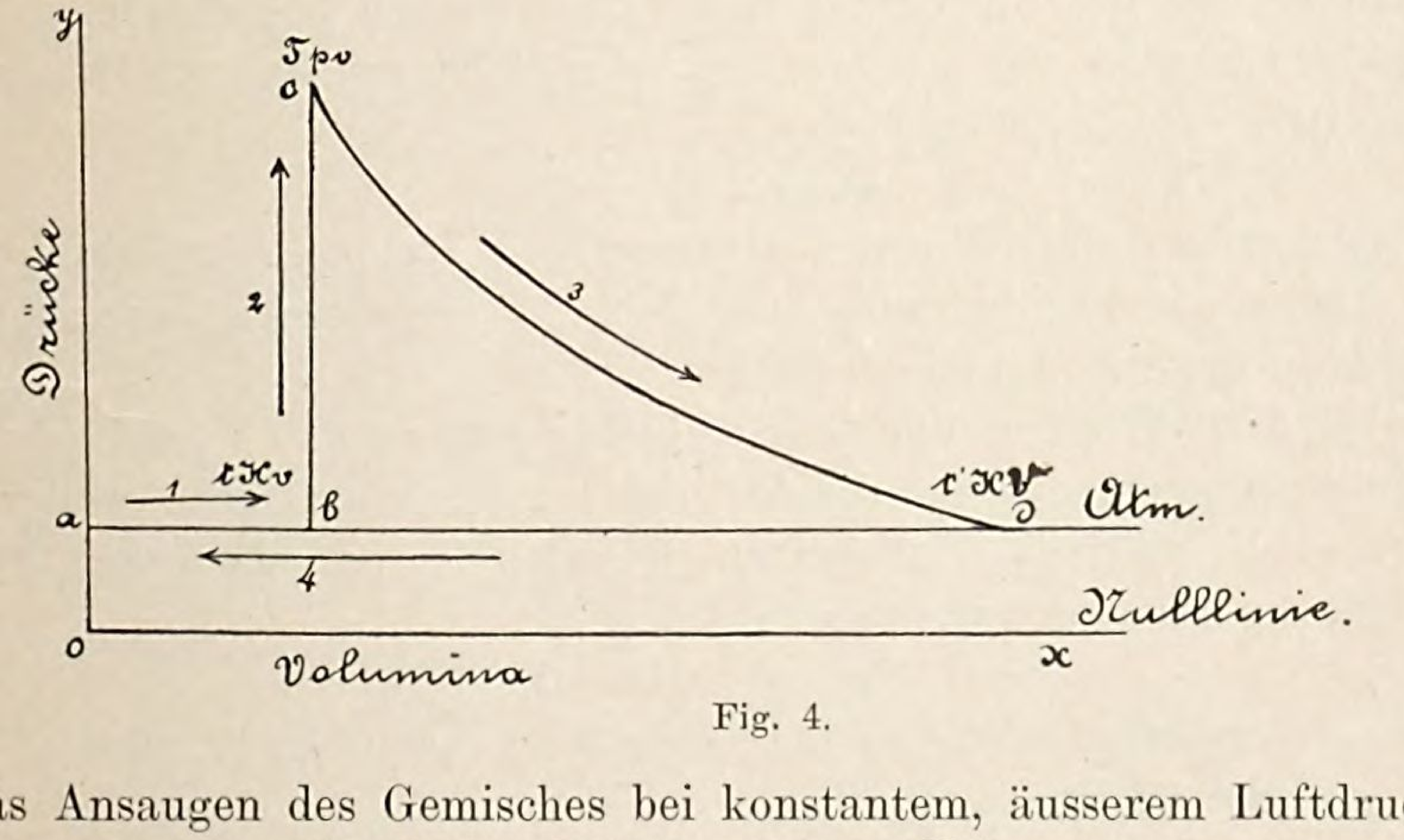


Fig. 4.

1. das Ansaugen des Gemisches bei konstantem, äusserem Luftdrucke,
2. die momentane Explosion bei konstantem Volumen,
3. die vollständige Expansion nach einer Adiabate,
4. das Austreiben der Verbrennungsprodukte bei konstantem, äusserem Luftdrucke

graphisch dar.

Die Linie a d ist die atmosphärische Linie im Abstande o a = H von der Nulllinie. Beim Aushub des Kolbens findet von a nach b das Ansaugen des Gemisches unter den angegebenen Bedingungen statt.

Bei b ist die Einströmung des Gemisches beendigt, die Zündung und die Explosion erfolgt bei konstantem Volumen v (von b nach c), wodurch die Gase plötzlich vom Drucke H und der Temperatur t auf den Maximaldruck p und die Temperatur T gebracht werden. Von c nach d findet die adiabatische Expansion vom Drucke p bis zur atmosphärischen Spannung H statt, da sie vollständig sein soll. Hierbei wächst das Volumen von v auf V, während die Temperatur von T auf t′ sinkt. Da die Expansion nach einer Adiabate stattgefunden hat, so ist das ganze, dem Uebergang der Gase von der Temperatur T in die Temperatur t′ entsprechende Wärmegefälle in nutzbare äussere Arbeit umgesetzt worden. Von d nach a treibt der Kolben bei seinem Rückgange die Verbrennungsprodukte in die freie Luft aus, wobei das Volumen und die Temperatur der Gase sich verringert, bis sie im Punkte b in ihren Anfangszustand v, t, H zurückgekehrt sind.

Zur Berechnung des Wirkungsgrades des Kreisprozesses

$$\varrho = \frac{Q - q}{Q}$$

muss derselbe (und mithin auch Q und q) als Funktion der bekannten Grössen t, T, p und H ausgedrückt werden (die Berechnung von T und p wird weiter unten erläutert werden).

Im Punkte B wird das Gasgemisch von der Temperatur t plötzlich bei konstantem Volumen auf die Temperatur T gebracht.

Die entsprechende Wärmemenge ist mithin c_v (T — t), worin c_v die specifische Wärme der Gase bei konstantem Volumen bedeutet[1]).

Da jedoch diese Wärmemenge von der Wärmequelle geliefert wird, so wird die Gleichung bestehen

$$Q = c_v (T - t).$$

Von c nach d expandiren die Gase ohne Wärmezu- oder -abfuhr, wobei die der Temperaturverminderung von T auf t′ entsprechende Wärmemenge vollständig in äussere Arbeit umgesetzt wird.

Im Punkte d haben die Gase die Temperatur t′. Vom Punkte d bis zum Punkte b sinkt die Temperatur bei konstantem Drucke weiter von t′ auf t, wobei die Wärme q an den abkühlenden Körper abgegeben, also verloren wird, die sich berechnet zu

$$q = c_p (t' - t)$$

(worin c_p die specifische Wärme der Gase bei konstantem Drucke ist[2]). Man erhält somit die Gleichung:

$$\varrho = \frac{Q - q}{Q} = \frac{c_v (T - t) - c_p (t' - t)}{c_v (T - t)} = 1 - \frac{c_p (t' - t)}{c_v (T - t)},$$

worin t′ noch unbekannt ist.

1) Im Original mit c bezeichnet.

2) Im Original mit C bezeichnet. Anm. d. Uebers.

Da die Expansion adiabatisch erfolgt, so gilt für die Zustandsänderung von c nach d die Gleichung

$$p \cdot v^{\frac{c_p}{c_v}} = H \cdot V^{\frac{c_p}{c_v}} \qquad (1)$$

Für die Zustandsänderung zwischen den Punkten d und b gelten dagegen die Gleichungen:

$$H \cdot v = R \cdot t$$

$$H \cdot V = R \cdot t', \text{ also}$$

$$\frac{v}{V} = \frac{t}{t'}$$

Ebenso gelten für die Punkte c und b die Beziehungen:

$$p \cdot v = R \cdot T$$

$$H \cdot v = R \cdot t, \text{ woraus folgt}$$

$$\frac{p}{H} = \frac{T}{t}.$$

Schreibt man Gl. (1) in der Form

$\frac{p}{H} = \left(\frac{V}{v}\right)^{\frac{c_p}{c_v}}$, so folgt aus dieser und den vorhergehenden Gleichungen:

$$\frac{T}{t} = \left(\frac{t'}{t}\right)^{\frac{c_p}{c_v}}$$

und daraus:

$$t' = t\left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}}.$$

Während bisher jedoch nur der allgemeine Fall der Gasmaschinen der ersten Klasse betrachtet war, soll nun die Berechnung für den Fall angestellt werden, dass die Expansion unter den äusseren Luftdruck fortgesetzt werde, wie dies bei den atmosphärischen Maschinen in der besprochenen Weise geschieht.

Figur 5 giebt das vollständige Diagramm einer Maschine dieser Art.

Wie im vorigen Falle findet auch hier von a nach b Ansaugen des Gemisches, von b nach c Explosion bei konstantem Volumen v statt, wobei die Gase vom Drucke H und der Temperatur t auf den Druck P und die Temperatur T steigen. Von c nach e findet adiabatische Expansion statt; der Punkt e liegt jedoch jetzt unter der atmosphärischen Linie ad; die Gase gehen dabei von der Temperatur T in diejenige t′ über.

Von e bis g geht das Volumen V bei konstantem Drucke in dasjenige v″ über, während die Temperatur der Gase von t′ auf die Anfangstemperatur t sinkt.

Von g nach b endlich nimmt das Volumen weiter ab, während die Gase vom Drucke p′ auf den Druck H isothermisch komprimirt und im Punkte b in ihren Anfangszustand H, v, t zurückgeführt werden. Während der Zustandsänderung ce findet die Arbeitsleistung statt.

Es soll nun für den vorliegenden Fall der Wirkungsgrad $\varrho = \frac{Q - q}{Q}$ berechnet werden.

Wie im vorigen Falle ist die entwickelte Wärmemenge:

$$Q = c_v (T - t).$$

Dagegen setzt sich die verlorene Wärme hier aus zwei Theilen zusammen:

1. derjenigen Wärmemenge, welche während der adiabatischen Expansion von c nach d verbraucht wird, so lange der Druck noch höher als der äussere Luftdruck ist;
2. derjenigen, welche vom abkühlenden Körper auf dem Wege egb aufgenommen wird.

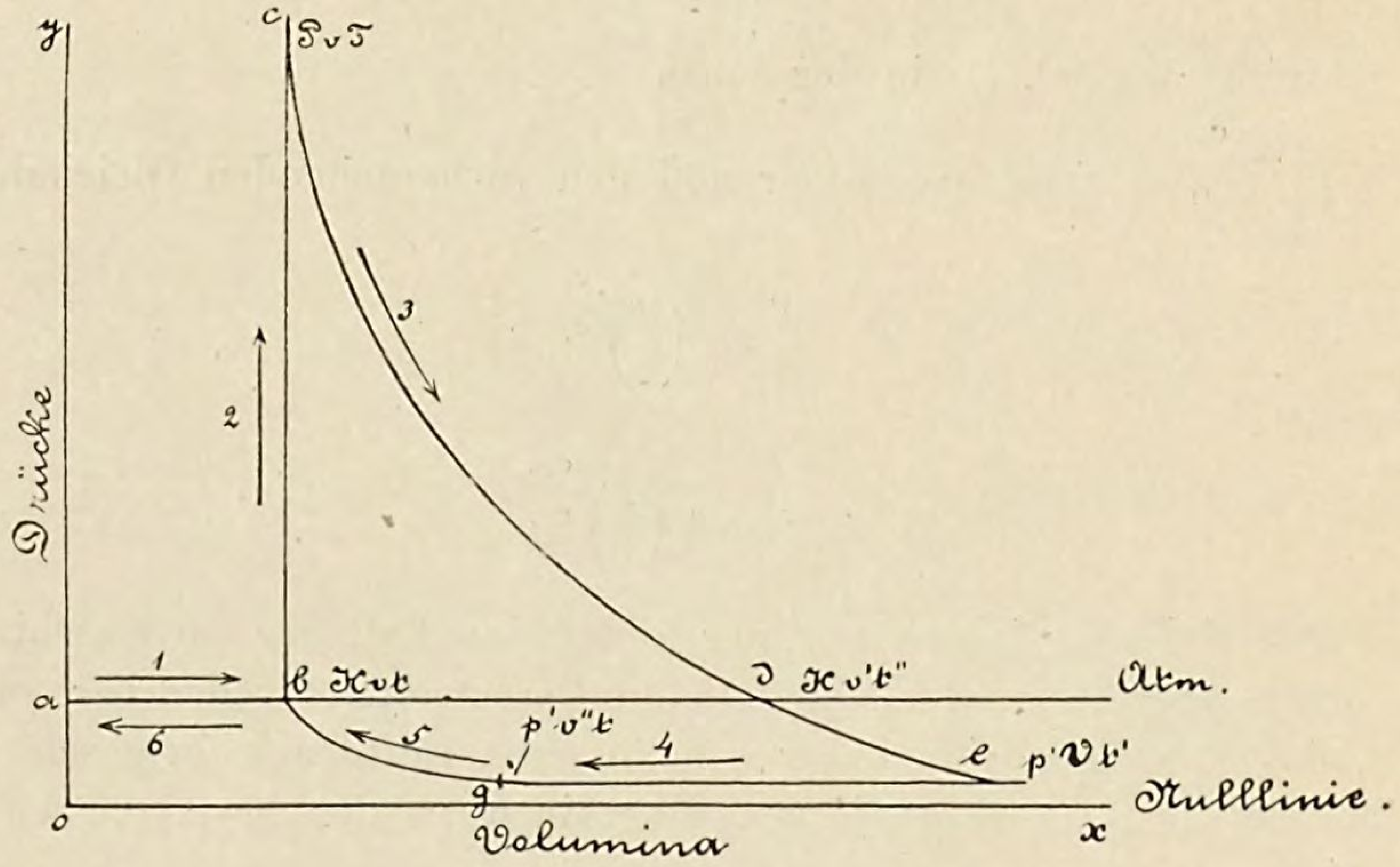


Fig. 5.

Die wirklich nutzbar gemachte Wärme ist daher nur diejenige, welche während der adiabatischen Zustandsänderung de in Arbeit verwandelt wird, um das zur Arbeitsleistung der Maschine nothwendige Vakuum zu erzeugen.

Die auf dem Wege cd verbrauchte Wärme ist genau dieselbe wie die bei den vorbesprochenen Maschinen der ersten Klasse verbrauchte Wärme, also gleich $c_v (T - t) - c_p (t'' - t) = c_v (T - t) - c_p \cdot t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} + c_p \cdot t.$

Die auf dem Wege egb abgegebene Wärme besteht aus zwei Theilen.

Während der Zustandsänderung eg bei konstantem Druck ist dieselbe gleich $c_p \cdot (t' - t)$, während der isothermischen Zustandsänderung gb gleich

$A \,.\, R\,t \ln \frac{v''}{v}$. Man erhält somit die Gleichung:

$$q = c_v (T - t) - c_p \,.\, t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} + c_p \,.\, t + c_p (t' - t) + A \,.\, R\,t \ln \frac{v''}{v}$$

$$= c_v (T - t) - c_p\, t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} + c_p\, t' + A \,.\, R \,.\, t \ln \frac{v''}{v},$$

und

$$\varrho = \frac{c_p \,.\, t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} - c_p \,.\, t' - A \,.\, R \,.\, t \ln \frac{v''}{v}}{c_v \,.\, (T - t)}.$$

Hierin sind noch die beiden Werthe v'' und t' unbekannt und lassen sich folgendermassen bestimmen.

Für die Zustandsänderung von g nach b gilt die Beziehung:

$$H \,.\, v = p' \,.\, v'', \text{ woraus folgt}$$

$v'' = \frac{H}{p'} \cdot v$ und $\frac{v''}{v} = \frac{H}{p'}$. Setzt man diesen Werth in obige Gleichung ein, so folgt:

$$\varrho = \frac{c_p\, t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} - c_p\, t' - A \,.\, R \,.\, t \ln \left(\frac{H}{p'}\right)}{c_v (T - t)}$$

Hierin kann $p' = 0{,}25$ Atm. gesetzt werden.

Zur Bestimmung von t' kann man aus der Zustandsänderung zwischen den Punkten c und e die Gleichung ableiten:

$$P \,.\, v^{\frac{c_p}{c_v}} = p' \,.\, V^{\frac{c_p}{c_v}}, \text{ woraus sich ergiebt:}$$

$$V = \left(\frac{P}{p'}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} . \, v.$$

Für den Punkt b gilt die Gleichung:

$H \,.\, v = R \,.\, t$, also $v = \frac{R \,.\, t}{H}$; setzt man diesen Werth in die Gleichung für V ein, so folgt

$$V = \left(\frac{P}{p'}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} \cdot \frac{R\,t}{H}.$$

Für den Punkt e endlich hat man

$$p'\,V = R\,t' \text{ und } t' = \frac{p'\,V}{R}, \text{ mithin}$$

$$t' = \frac{p'}{R} \cdot \left(\frac{P}{p'}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} \cdot \frac{R \,.\, t}{H} = \frac{t}{H} \cdot \frac{P^{\frac{c_v}{c_p}}}{p'^{\frac{c_v}{c_p} - 1}} \quad .$$

Maschinen der zweiten Klasse.

Wie oben bemerkt, giebt es mehrere Arten von Maschinen dieser Klasse. Das nachstehende Diagramm, welches wieder als ein theoretisches vorausgesetzt werden soll, ist das einer Maschine der ersten Gruppe, bei welcher nach je zwei Touren oder vier Hüben eine Explosion stattfindet.

Wie bereits erwähnt, umfasst der Kreisprozess dieser Maschinen fünf Perioden:

1. Ansaugen des Gemisches bei atmosphärischem Druck;
2. Verdichtung des Gemisches;
3. Explosion bei konstantem Volumen;
4. Expansion nach einer Adiabate;
5. Austreiben der Verbrennungsprodukte bei atmosphärischem Druck.

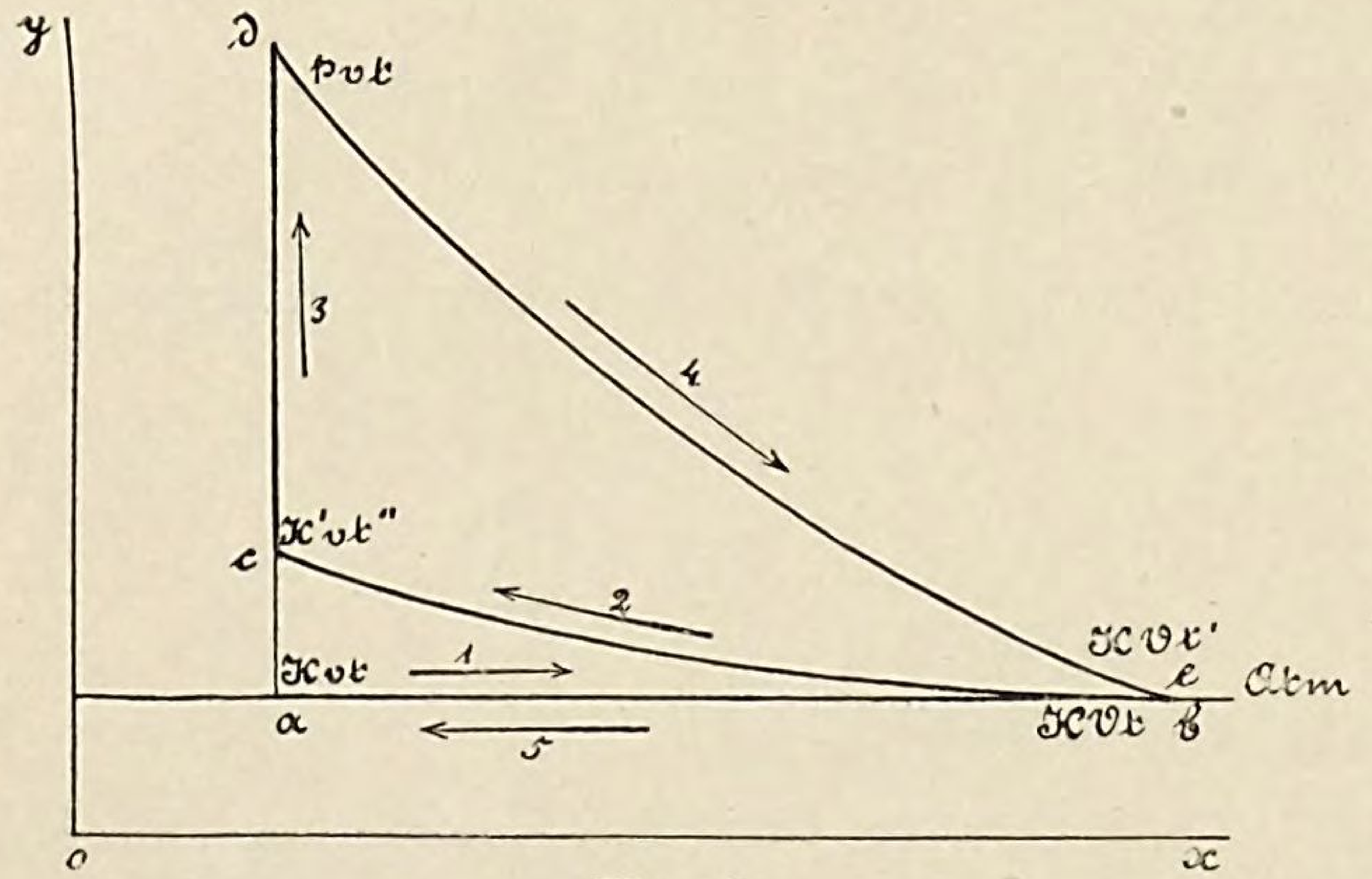


Fig. 6.

In Fig. 6 sind diese Vorgänge graphisch dargestellt.

Von a nach b findet Ansaugen, von b nach c adiabatische Verdichtung vom Drucke H und der Temperatur t auf den Druck H′ und die Temperatur t″ statt.

Von c nach d findet die Explosion bei konstantem Volumen statt, wobei der Druck und die Temperatur von H′ bezw. t″ auf P bezw. T steigen.

Im Punkte d beginnt die adiabatische Expansion der Gase, welche in dem mit b zusammenfallenden Punkte e beendigt ist. Hierbei wächst das Volumen von v auf V, der Druck und die Temperatur dagegen sinken von P und T auf H und t′ herab.

In b endlich beginnt das Austreiben der Verbrennungsprodukte, bis zum Punkte a, in welchem die Gase auf ihren physikalischen Anfangszustand zurückgebracht sind. Da die von der Wärmequelle abgegebene, d. h. bei der Explosion entwickelte Wärme $Q = c_v (T - t'')$, die an den abkühlenden Körper abgegebene Wärme $q = c_p (t' - t)$ ist, so folgt

$$\varrho = \frac{c_v (T - t'') - c_p (t' - t)}{c_v (T - t'')} = 1 - \frac{c_p (t' - t)}{c_v (T - t'')}$$

Um t′ zu berechnen, hat man die Zustandsänderung zwischen den Punkten e und c zu betrachten, für welche die Gleichung gilt:

$$H'.v^{\frac{c_p}{c_v}} = H.V^{\frac{c_p}{c_v}} \text{ woraus folgt: } \frac{H'}{H} = \left(\frac{V}{v}\right)^{\frac{c_p}{c_v}} \text{ oder } \left(\frac{H'}{H}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} = \frac{V}{v}$$

Ausserdem gilt die Gleichung:

$$\frac{H'}{H} = \frac{t''.V}{t.v} \text{ oder } \frac{V}{v} = \left(\frac{t''}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p - c_v}}$$

woraus folgt:

$$\frac{t''}{t} = \left(\frac{H'}{H}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c}}$$

Für die Zustandsänderungen zwischen den Punkten d und e hat man ferner: $H . V^{\frac{c_p}{c_v}} = P . v^{\frac{c_p}{c_v}}$, woraus nach ähnlichen Umformungen wie oben folgt:

$$\frac{t'}{T} = \left(\frac{H}{P}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c_p}}$$

Multiplizirt man die beiden Gleichungen (für t′ und t″) miteinander, so erhält man:

$$\frac{t'.t''}{T.t} = \left(\frac{H'}{P}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c_p}}$$

Nun ist aber $\frac{H'}{P} = \frac{t''}{T}$, mithin endlich

$$\frac{t'}{t} = \left(\frac{t''}{T}\right)^{-\frac{c_v}{c_p}} \text{ und } t' = t . \left(\frac{T}{t''}\right)^{\frac{c_v}{c_p}}.$$

Im Falle der Anwendung einer besonderen Kompressionspumpe enthält das obige Diagramm strenggenommen zwei Diagramme, dasjenige des Arbeitscylinders und dasjenige des Kompressionscylinders. Trotzdem bleiben aber die Berechnungen für diesen Fall genau dieselben wie vorher.

Maschinen der dritten Klasse.

Der Kreisprozess dieser Maschinen umfasst gleichfalls fünf Perioden:

1. Ansaugen des Gemisches bei atmosphärischem Druck;
2. Verdichtung des Gemisches;
3. Verbrennung bei konstantem Druck;
4. adiabatische Expansion;
5. Austreiben der Verbrennungsprodukte bei atmosphärischem Druck.

Das Diagramm dieser Maschinen unterscheidet sich wenig von dem der vorhergehenden.

Der Unterschied beruht darin, dass die Verbrennung nicht wie vorher bei konstantem Volumen, sondern bei konstantem Druck vor sich geht, indem das verdichtete Gemisch allmählich an irgend einer Zündvorrichtung verbrennt.

Der Kreisprozess wird meistens mit Hilfe zweier Cylinder, eines Arbeits- und eines Kompressionscylinders ausgeführt.

In Fig. 7 sind beide Diagramme zusammengelegt. Das ganze Diagramm e d c h setzt sich aus dem Arbeitsdiagramm a b c d des Arbeitscylinders und dem Kompressionsdiagramm e a b h des Kompressionscylinders zusammen.

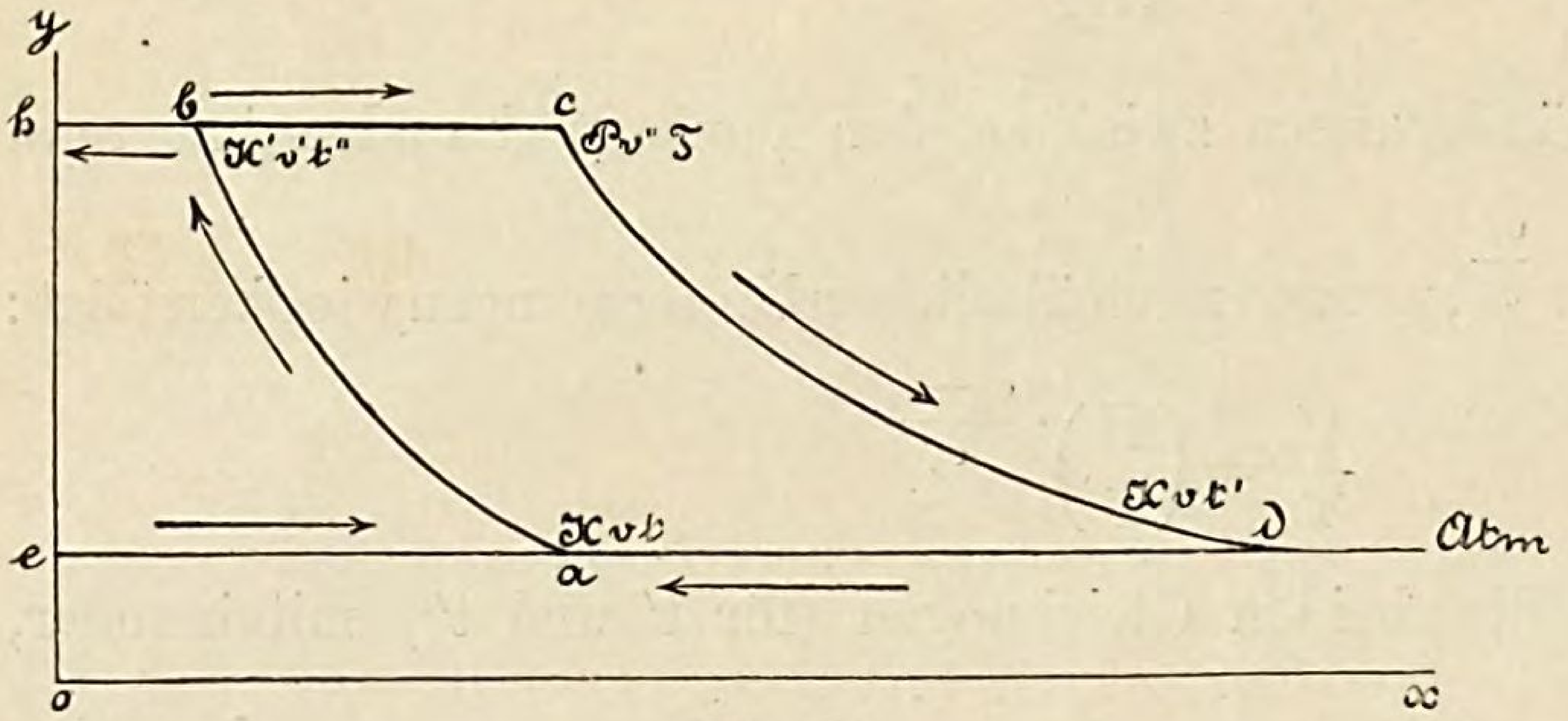


Fig. 7.

Das Volumen des letzteren ist durch die Strecke e a, dasjenige des ersteren durch die Strecke e d repräsentirt.

Der Kompressionscylinder saugt zunächst ein Volumen e a an und komprimirt dasselbe adiabatisch in einen Behälter nach den Linien a b und b h. Von hier tritt das Gemisch mit dem konstanten Kompressionsenddruck auf dem Wege h b c in den Arbeitscylinder, nachdem es bei h entzündet ist. Bei c ist die Verbrennung beendet, die Expansion beginnt und geht bis zum Punkte d. Auf dem Wege von d nach a werden die Gase auf ihren Anfangszustand H, v, t gebracht, wobei das Volumen und die Temperatur abnehmen, während der Druck konstant bleibt.

Die bei der Verbrennung unter konstantem Druck erzeugte Wärme ist:

$$Q = c_p (T - t''),$$

die gleichfalls bei konstantem Druck abgegebene Wärme ist:

$$q = c_p (t' - t), \text{ mithin ist:}$$

$$\varrho = \frac{c_p (T - t'') - c_p (t' - t)}{c_p (T - t'')} = 1 - \frac{t' - t}{T - t''}$$

Wie oben gelten die Gleichungen:

$$\frac{t''}{t} = \left(\frac{H'}{H}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c_p}} \text{ und } \frac{t'}{T} = \left(\frac{H}{P}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c_p}}$$

Nun ist aber $H' = P$, mithin folgt einfach

$$\frac{t''}{t} = \frac{T}{t'} \text{ und } t' = \frac{T \,.\, t}{t''}, \text{ also endlich}$$

$$\varrho = 1 - \frac{T \,.\, t - t \,.\, t''}{T \,.\, t'' - t''^2} = 1 - \frac{t (T - t'')}{t'' (T - t'')} = 1 - \frac{t}{t''}$$

Man erhält somit für die Wirkungsgrade der drei verschiedenen Klassen der Gasmaschinen folgende Uebersicht:

Maschinen der ersten Klasse oder Explosionsmaschinen ohne Verdichtung der Ladung.	1. Doppeltwirkende und gemischte Maschinen.	$\varrho = 1 - \frac{c_p (t' - t)}{c_v (T - t)}$ worin $t' = t \cdot \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}}$
	2. Atmosphärische Maschinen.	$\varrho = \frac{c_p \cdot t \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} - c_p \cdot t' - A \cdot R \cdot t \cdot \ln\left(\frac{H}{p'}\right)}{c_v (T - t)}$ worin $t' = \frac{t \cdot P^{\frac{c_v}{c_p}}}{H \cdot p'^{\frac{c_v}{c_p} - 1}}$
Maschinen der zweiten Klasse oder Explosionsmaschinen mit Verdichtung der Ladung.		$\varrho = 1 - \frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{t' - t}{T - t''}$ worin $t' = t \left(\frac{T}{t''}\right)^{\frac{c_v}{c_p}}$
Maschinen der dritten Klasse oder Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung der Ladung.		$\varrho = 1 - \frac{t}{t''}$

Alle diese Gleichungen sind der Form nach übereinstimmend und gestatten, den Wirkungsgrad des Kreisprozesses jeder Maschine zu berechnen, indessen ermöglichen sie nicht ohne Weiteres, die Vortheile der einzelnen Maschinenklassen gegeneinander abzuwägen. Zur Erleichterung eines Vergleichs derselben untereinander sollen einige Beispiele berechnet werden.

Beispiele. Es soll zunächst die Voraussetzung gemacht werden, dass die Maschinen, wie dies meistens der Fall ist, mit Leuchtgas betrieben werden sollen. Um jedoch die vorstehenden Formeln anwenden zu können, ist es zunächst erforderlich, die Verbrennungstemperaturen und die entsprechenden Drücke zu berechnen.

Die Zusammensetzung der verschiedenen Leuchtgase ist meist veränderlich und ziemlich komplizirt, indessen kann man zur Berechnung der, bei der Verbrennung entwickelten Gesammtwärme im Allgemeinen die folgende Mischung der vier wichtigsten Bestandtheile annehmen:

		entwickelte Wärme:
Wasserstoff	480 l	1247 W. E.
Kohlenwasserstoff	350 l	2958 „ „
Kohlenoxyd	70 l	212 „ „
Oelbildendes Gas	80 l	1121 „ „
1 cbm =	1000 l	5538 W. E.

Diese Zahlen gelten zwar nur theoretisch, trotzdem soll die Zahl 5500 W. E. für 1 cbm Gas bei der Verbrennung bei konstantem Volumen, da dieselbe mit dem Mittelwerth aus vielen Versuchen übereinstimmt, beibehalten werden.

Die zur Verbrennung eines cbm Gas nothwendige Luftmenge variirt je nach der Zusammensetzung des ersteren, kann jedoch im Mittel zu 5,895 cbm angenommen werden.

Das Verhältniss des Gemisches ergiebt sich demnach zu

14,3 % Gas und 85,7 % Luft.

Die Verbrennungsprodukte dieser Mischung von 6,895 cbm haben folgende mittlere Zusammensetzung:

Kohlensäure	0,583 cbm
Wasserdampf	1,347 „
Stickstoff	4,691 „
zusammen:	6,621 cbm

Das Endvolumen der Gase ist somit um 0,274 cbm oder ca. 4 % kleiner als das Anfangsvolumen.

Zur Berechnung der Explosionstemperatur bei konstantem Volumen und Zündung bei atmosphärischer Spannung dient die Betrachtung, dass die bei der Verbrennung des Gemisches entwickelte Wärme gleich der zur Erwärmung der Verbrennungsprodukte (Wasserdampf, Stickstoff etc.), auf die Explosionsendtemperatur nothwendigen Wärme sein muss.

Unter Voraussetzung des in der Praxis häufig vorkommenden Mischungsverhältnisses von einem Theil Gas und sechs Theilen Luft in 1 cbm Mischungsmenge berechnet sich die bei der Verbrennung von 0,143 cbm Gas entwickelte Wärme (1 cbm = 5500 W. E.) zu

$$5500 \,.\, 0{,}143 = 786{,}5 \text{ W. E.}$$

Die Wärmemenge, welche nöthig ist, um den Wasserdampf auf die zu berechnende Temperatur T zu erwärmen, ergiebt sich aus dem Gewicht dieses Wasserdampfes multiplizirt mit der specifischen Wärme des letzteren bei der gesuchten Temperatur und der Temperaturdifferenz. In gleicher Weise ergiebt sich die Wärmemenge für die nicht kondensirbaren Gase, Kohlensäure und Stickstoff.

Die specifischen Wärmen dieser Gase ändern sich jedoch mit den Tem-

peraturen. Nach Mallard und Le Chatelier gelten für ungefähr 2000° C. die folgenden Werthe:

Gasart:	spez. Wärme bei konstantem Volumen für 1 kg Gas:
Wasserdampf	0,677 W. E.
Kohlensäure	0,308 „ „
Stickstoff	0,215 „ „

Da die Gesammtwärme, welche entwickelt wurde, 786,5 W. E. betrug, lässt sich die Endtemperatur der Gase hieraus berechnen, sobald man die Gewichte der einzelnen Gasmengen kennt.

Bei 1 cbm verbrannten Gases betrug die gebildete Wasserdampfmenge 1,347 cbm, folglich bei 0,143 cbm:

$$0{,}143 \;.\; 1{,}347 = 0{,}1926 \text{ cbm},$$

folglich sein Gewicht:

$$\underset{\text{Volumen}}{0{,}1926} \;.\; \underset{\text{spec. Gewicht}}{0{,}8044} = 0{,}1549 \text{ kg}.$$

Für die Kohlensäure erhält man in gleicher Weise Folgendes.

Das Volumen ist:

$$0{,}143 \;.\; 0{,}583 = 0{,}08337 \text{ cbm},$$

das Gewicht also:

$$0{,}08337 \;.\; 1{,}529 = 0{,}12747 \text{ kg}.$$

Das Gewicht des Stickstoffes ergiebt sich dann ohne Weiteres aus der Differenz des Gesammtgewichtes und der beiden gefundenen Werthe.

Vor der Zündung war das Gewicht des Gemisches;

$$\underset{\text{Luft}}{0{,}857} \;.\; \underset{\text{spec. Gew.}}{1{,}293} + \underset{\text{Gas}}{0{,}143} \;.\; \underset{\text{spec. Gew.}}{0{,}5097} = 1{,}1819 \text{ kg}.$$

Da nach der Verbrennung das Gesammtgewicht nicht merklich verändert ist, so folgt das Gewicht des Stickstoffes zu:

$$1{,}1819 - (0{,}1549 + 0{,}12747) = 0{,}8995 \text{ kg}.$$

Man erhält somit folgende Hauptgleichung:

$$\overset{\text{Wasserdampf:}}{\underset{\text{Gew.}}{0{,}1549} \;.\; \underset{\text{spec. Wärme}}{0{,}677} \;.\; \underset{\text{T.-Erh.}}{T}} + \overset{\text{Kohlensäure:}}{\underset{\text{Gew.}}{0{,}12747} \;.\; \underset{\text{spec. Wärme}}{0{,}308} \;.\; \underset{\text{T.-Erh.}}{T}} + \overset{\text{Stickstoff:}}{\underset{\text{Gew.}}{0{,}8995} \;.\; \underset{\text{spec. Wärme}}{0{,}215} \;.\; \underset{\text{T.-Erh.}}{T}} = 786{,}5 \text{ W. E.}$$

woraus folgt:

$$T = \frac{786{,}5}{0{,}3375} = 2330^0 \text{ C.}$$

Nun soll die Voraussetzung gemacht werden, dass zu den sechs Theilen Luft noch fünf Theile Luft (oder irgend eines anderen indifferenten Gases) hinzu kommen, so ist das neue Mischungsverhältniss: 1 Theil Gas auf 11 Theile Luft, ein Verhältniss, welches in der Praxis sehr vielfach angewandt wird. Während nun die Verbrennung dieselbe bleibt, also wieder 786,5 W. E. entwickelt werden, ist ausser dem Wasserdampf und den anderen Gasen noch dieser Luftüberschuss zu erwärmen, sodass die Endtemperatur T jedenfalls

niedriger als im vorigen Falle sein wird. Sie liegt bei ca. 1500° C. Nach Mallard und Le Chatelier gelten für diese Temperatur die folgenden Werthe der specifischen Wärmen:

Gasart:	spez. Wärme bei konstantem Volumen für 1 kg Gas:
Wasserdampf	0,677 W. E.
Kohlensäure	0,308 „ „
Stickstoff	0,215 „ „

welche den früheren gleich sind. Setzt man diese Werthe in die vorhergehende Hauptgleichung unter Berücksichtigung der zur Erwärmung des Luftüberschusses nothwendigen Wärmemenge ein, so berechnet sich T zu 1595° C

Zur Berechnung der, den gefundenen Temperaturen entsprechenden Drücke dient die Erwägung, dass die Gasvolumina bei gleichen Temperaturen sowohl vor als nach der Explosion dieselben sind, und dass die Spannungen ein und desselben Volumens den Temperaturen direkt proportional sind.

Man hat somit die Gleichungen:

$$\frac{1}{P} = \frac{273 + 0^0}{273 + T}, \text{ oder}$$

$$P = \frac{273 + T}{273},$$

woraus man für den ersten Fall

$$P = \frac{273 + 2330}{273} = 9{,}5 \text{ Atm.}$$

für den zweiten

$$P = \frac{273 + 1595}{273} = 6{,}8 \text{ Atm.}$$

erhält.

Bisher bezog sich die Berechnung auf die Maschinen der ersten Klasse, bei welchen die Zündung des Gemisches bei atmosphärischer Spannung erfolgt.

Nun soll die Berechnung in gleicher Weise für die Maschinen der zweiten Klasse durchgeführt werden, bei welchen das Gemisch vor seiner Entzündung noch verdichtet wird.

Diese Verdichtung hat zur Folge, dass die einzelnen Gastheilchen einander mehr genähert werden, das Gemisch also gleichmässiger wird, wodurch die Zündung erleichtert wird, und die Explosion rascher und sicherer von Statten geht. Sie ermöglicht ferner die Anwendung viel gasärmerer Gemische, welche sich bei atmosphärischer Spannung nur sehr langsam entzünden würden. Mit einem Worte, die Verdichtung erhöht den Nutzeffekt der Maschinen wesentlich. Wenn nun auch die Verdichtung für den Gang der Maschinen vortheilhaft ist, indem sie denselben sicherer und vortheilhafter macht, so bleibt doch die von einer bestimmten Mischung entwickelte Wärmemenge dieselbe, ob sie nun verdichtet oder nicht verdichtet war. Die Endtemperatur nach der Explosion wird jedoch im Falle der Verdichtung etwas höher sein, als im anderen, da zu der Wärme, welche bei der Ver-

brennung entwickelt wird, noch die bei der Kompression entwickelte Wärme hinzukommt. Die hierdurch bewirkte Temperatursteigerung ist indessen nicht sehr gross. Bei einer Kompression auf 3 Atm. und einer Anfangstemperatur von 15⁰ C. beträgt die Endtemperatur ungefähr 120⁰ C.

Die Endtemperaturen nach der Explosion sind mithin bei den Maschinen der zweiten Klasse nur wenig höher als die für die Maschinen der ersten Klasse berechneten.

Anders dagegen verhält es sich mit den Drücken. Im ersten Falle berechnete sich der Enddruck aus der Gleichung

$$\frac{1}{P} = \frac{273 + 0}{273 + T} \text{ zu } P = \frac{273 + T}{273}$$

wobei der Anfangsdruck gleich dem äusseren Luftdruck, die Anfangstemperatur gleich der äusseren Lufttemperatur war.

Da jedoch im vorliegenden Falle der Kompressionsenddruck als Anfangsdruck bezw. die Endtemperatur nach beendigter Kompression als Anfangstemperatur einzusetzen ist, so folgt:

$$P_1 = H' \frac{273 + t'' + T}{273 + t''}$$

Die Enddrücke werden etwas kleiner sein als diejenigen, welche man erhalten würde, wenn man die im ersten Fall berechneten Drücke mit dem Kompressionsverhältniss multipliziren würde, obgleich die Endtemperaturen im zweiten Falle etwas grösser als im ersten Falle sind.

Setzt man eine Kompression auf 3 Atm. voraus, wie dies meistens der Fall ist, so erhält man für ein Mischungsverhältniss 1 Theil Gas + 7 Theile Luft oder 1 : 7

$$P_1 = 3 \, . \, \frac{273 + 120 + 2330}{273 + 120} = 20{,}8 \text{ Atm.}$$

für ein Mischungsverhältniss 1 : 11 dagegen

$$P_1' = 3 \, . \, \frac{273 + 120 + 1595}{273 + 120} = 15{,}2 \text{ Atm.}$$

Für den allerdings selteneren Fall einer Kompression auf 5 Atm. ergiebt sich für ein Mischungsverhältniss 1 : 7

$$P_1'' = 5 \, . \, \frac{273 + 185 + 2330}{273 + 185} = 30{,}4 \text{ Atm.}$$

und endlich für ein Mischungsverhältniss 1 : 11

$$P_1''' = 5 \, . \, \frac{273 + 185 + 1595}{273 + 185} = 22{,}3 \text{ Atm.}$$

Bei den Maschinen der dritten Klasse findet die Zündung nach vorheriger Kompression des Gemisches statt, während die Verbrennung des Gases bei konstantem Druck erfolgt.

Die Enddrücke und Temperaturen sind hierbei etwas niedriger als bei den Maschinen der zweiten Klasse, denn wenn auch die Verbrennungs-

wärmen[1]) für beide Fälle (bei konstantem Volum und konstantem Druck) ungefähr dieselben sind, so sind doch die specifischen Wärmen im zweiten Falle (bei konstantem Druck) beträchtlich grösser, mithin die Endtemperaturen kleiner.

Setzt man zunächst wieder ein Mischungsverhältniss 1 : 7 voraus, so ergeben dieselben Berechnungen wie im zweiten Falle, da die gesammte entwickelte Wärme wieder 786,5 W. E. beträgt, bei Annahme der folgenden specifischen Wärmen (nach A. Witz):

für Wasserdampf 0,758
„ Kohlensäure 0,345
„ Stickstoff 0,286

eine Endtemperatur $T = 1879^0$ C.

Für ein Mischungsverhältniss 1 : 11 und die folgenden specifischen Wärmen

für Wasserdampf 0,552
„ Kohlensäure 0,282
„ Stickstoff 0,257

erhält man

$$T' = 1330^0 \text{ C.}$$

Die Drücke berechnen sich wie früher aus der Gleichung:

$$P = H' \frac{273 + t'' + T}{273 + t''}.$$

Unter Voraussetzung einer Kompression auf 3 Atm. ergiebt sich dann:

1. für ein Mischungsverhältniss 1 : 7

$$P_1 = 3 \, . \, \frac{273 + 120 + 1879}{273 + 120} = 17,3 \text{ Atm.},$$

2. für ein Mischungsverhältniss 1 : 11

$$P_1' = 3 \, . \, \frac{273 + 120 + 1330}{273 + 120} = 13,5 \text{ Atm.},$$

für eine Kompression auf 5 Atm. endlich

1. für ein Mischungsverhältniss 1 : 7

$$P_2 = 5 \, . \, \frac{273 + 185 + 1879}{273 + 185} = 25,5 \text{ Atm.},$$

2. für ein Mischungsverhältniss 1 : 11

$$P_2' = 5 \, . \, \frac{273 + 185 + 1330}{273 + 185} = 19,5 \text{ Atm.}$$

Berechnung des Wirkungsgrades der verschiedenen Kreisprozesse.

Unter Benutzung der gefundenen Werthe der Explosions- und Verbrennungstemperaturen und der denselben entsprechenden Drücke können nur für die in der Praxis am meisten vorkommenden Fälle die Wirkungsgrade berechnet werden.

[1]) d. h. die bei der Verbrennung eines cbm Gas bei konstantem Volum bezw. konstantem Druck entwickelten W. E.

Maschinen der ersten Klasse oder Explosionsmaschinen ohne Verdichtung.

1. Doppeltwirkende Maschinen und gemischte Maschinen.

Setzt man zunächst $\frac{c_p}{c_v} = 1,40$ und die äussere Lufttemperatur t konstant gleich 15° C., also 288° abs., so folgt:

für ein Mischungsverhältniss 1 : 11

$$T = 1595^0 \text{ C.} = 1868^0 \text{ abs.}$$

$$t' = t \cdot \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{c_v}{c_p}} = 1094^0 \text{ abs.}$$

mithin

$$\varrho = 1 - \frac{c_p}{c_v} \cdot \frac{t' - t}{T - t} = 0,29 \text{ und}$$

$$\varrho_1 = \frac{\varrho}{\frac{T - t}{T}} = \frac{0,29}{0,85} = 0,34.$$

Für ein Mischungsverhältniss von 1 : 7 erhält man

$$T = 2330^0 \text{ C.} = 2603^0 \text{ abs.}$$

$$t' = 1397^0 \text{ abs.}$$

$$\varrho = 0,33$$

$$\varrho_1 = \frac{0,33}{0,89} = 0,37.$$

2. Atmosphärische Maschinen.

Wie oben sei $\frac{c_p}{c_v} = 1,40$, t = 15° C. = 288° abs. und für ein Mischungsverhältniss von 1 : 11 die Temperatur T = 1595° C. = 1868° abs. gesetzt. Ausserdem müssen noch die Werthe von P, p', c_v und c_p bekannt sein. Der erste dieser Werthe war oben zu 6,8 Atm. berechnet worden, während p' = 0,25 Atm. gesetzt werden kann. Ferner ist $c_v = 0,31$ W. E., $c_p = 0,43$ W. E. zu setzen. Dann erhält man:

$$t' = 442^0 \text{ abs.}$$

$$\varrho = 0,53 \text{ und}$$

$$\varrho_1 = \frac{0,53}{0,85} = 0,62.$$

Für ein Mischungsverhältniss von 1 : 7 ist

$$T = 2330^0 \text{ C.} = 2630^0 \text{ abs. und}$$

$$P = 9,5 \text{ Atm.}$$

gefunden, woraus folgt:

$$t' = 562^0 \text{ abs.}$$

$$\varrho = 0,49 \text{ und}$$

$$\varrho_1 = 0,55.$$

Maschinen der zweiten Klasse oder Explosionsmaschinen mit Verdichtung.

Wie oben sei auch hier

$$t = 15^0\ \text{C.} = 288\ \text{abs. und}\ \frac{c_p}{c_v} = 1{,}40$$

gesetzt.

Wird eine Kompression auf 3 Atm. und ein Mischungsverhältniss von 1 : 11 vorausgesetzt, so ist die Endtemperatur T gleich der Explosionstemperatur (1595° C.), vermehrt um die Endtemperatur der Kompression t″. Die letztere berechnet sich aus der Gleichung

$$t'' = t \,.\left(\frac{H'}{H}\right)^{\frac{c_p - c_v}{c_p}} = 288\left(\frac{3}{1}\right)^{0{,}28} = 393^0\ \text{abs., woraus folgt}$$

$$T = 1595 + 393 = 1988^0\ \text{abs.,}$$

$$\text{ferner}\ t' = 913^0\ \text{abs.}$$

$$\varrho = 0{,}45$$

$$\varrho_1 = \frac{0{,}45}{0{,}86} = 0{,}52.$$

Bei einer Kompression auf 5 Atm. erhält man $t'' = 458^0$ abs. und $T = 1595 + 458 = 2053^0$ abs. und daraus:

$$t' = 843^0\ \text{abs.}$$

$$\varrho = 0{,}51\ \text{und}$$

$$\varrho_1 = \frac{0{,}51}{0{,}86} = 0{,}59.$$

Für ein Mischungsverhältniss von 1 : 7 ergiebt sich

1. bei einer Kompression auf 3 Atm.

$$t'' = 393^0\ \text{abs.,}\ T = 393 + 2330 = 2723^0\ \text{abs.}$$

und daraus

$$t' = 1137^0\ \text{abs.,}$$

$$\varrho = 0{,}50\ \text{und}$$

$$\varrho_1 = \frac{0{,}50}{0{,}89} = 0{,}56;$$

2. bei einer Kompression auf 5 Atm.

$$t'' = 458^0\ \text{abs.,}\ T = 458^0 + 2330^0 = 2788^0\ \text{abs.,}$$

also

$$t' = 1032^0\ \text{abs.,}$$

$$\varrho = 0{,}56\ \text{und}$$

$$\varrho_1 = \frac{0{,}56}{0{,}89} = 0{,}63.$$

Maschinen der dritten Klasse.

Da die allgemeine Gleichung zur Berechnung des Wirkungsgrades des Kreisprozesses dieser Maschinen

$$\varrho = 1 - \frac{t}{t''}$$

die Explosionstemperatur nicht enthält, so folgt daraus, dass der Wirkungsgrad von dem Mischungsverhältniss unabhängig ist und nur eine Funktion des Kompressionsgrades ist.

Die von der Kompression abhängige Endtemperatur t'' sei entsprechend einer Kompression auf 3 bezw. 5 Atm. wie oben gleich 393° abs. bezw. 458° abs. gesetzt.

Für eine Kompression auf 3 Atm. folgt sodann:

$\varrho = 1 - \frac{288}{393} = 0{,}28$, ganz unabhängig davon, ob ein Mischungsverhältniss von 1 : 7 oder von 1 : 11 angewandt wurde. Dagegen ändert sich der Wirkungsgrad ϱ_1 mit dem Mischungsverhältniss und ist derselbe

$$\varrho_1 = \frac{0{,}28}{0{,}87} = 0{,}32 \text{ für } 1 : 7$$

und

$$\varrho_1 = \frac{0{,}28}{0{,}83} = 0{,}34 \text{ für } 1 : 11.$$

Die Temperatur t', deren Kenntniss für die Folge von Werth ist, hängt dagegen sowohl vom Kompressionsverhältniss als auch vom Mischungsverhältniss ab, da sie durch die Gleichung:

$$t' = t \cdot \frac{T}{t''}$$

bestimmt ist.

Dieselbe berechnet sich für eine Kompression auf 3 Atm.

1. für ein Mischungsverhältniss 1 : 11 zu $t' = 1174^0$ abs.,
2. „ „ „ 1 : 7 „ $t' = 1577^0$ abs.

Für eine Kompression auf 5 Atm. ergiebt sich der Wirkungsgrad ϱ zu 0,38, während man für ϱ_1 und t' die folgenden Werthe erhält:

1. für ein Mischungsverhältniss 1 : 11 $\begin{cases} \varrho_1 = \frac{0{,}38}{0{,}84} = 0{,}45, \\ t' = 1008^0 \text{ abs.}; \end{cases}$

2. für ein Mischungsverhältniss 1 : 7 $\begin{cases} \varrho_1 = \frac{0{,}38}{0{,}88} = 0{,}43, \\ t' = 1353^0 \text{ abs.} \end{cases}$

Die erhaltenen Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, um einen Vergleich der einzelnen Klassen untereinander zu erleichtern und ein Bild der Wirkungsweise jeder Klasse zu geben.

Art der Maschine		Mischungs-verhältniss (Gas zu Luft)	Temperatur T am Ende der Explosion ° abs.	Temperatur t' am Ende der Expansion ° abs.	Kompression auf . . . Atm.	Wirkungsgrad ρ	Wirkungsgrad ρ_1	Theoretischer Gasverbrauch für 1 ind. PS. stündl. Liter
1. Klasse, Explosions-Maschinen ohne Verdichtung der Ladung	Gemischte Maschinen u. doppeltwirkende Maschinen	1 : 11	1868	1094	—	0,29	0,34	400
		1 : 7	2603	1397	—	0,33	0,37	352
	Atmosph. Maschinen	1 : 11	1868	442	—	0,53	0,62	219
		1 : 7	2603	562	—	0,49	0,55	236
2. Klasse, Explosions-Maschinen mit Verdichtung der Ladung		1 : 11	1988	913	3	0,45	0,52	258
		1 : 7	2723	1137	3	0,50	0,56	232
		1 : 11	2053	843	5	0,51	0,59	227
		1 : 7	2788	1032	5	0,56	0,63	208
3. Klasse, Verbrennungs-Maschinen mit Verdichtung der Ladung		1 : 11	1723	1174	3	0,28	0,34	415
		1 : 7	2272	1577	3	0,28	0,32	415
		1 : 11	1788	1008	5	0,38	0,45	306
		1 : 7	2337	1353	5	0,38	0,43	306

Vergleicht man die berechneten Werthe der Maschinen der ersten Klasse mit einander, so ist sofort zu erkennen, dass der Wirkungsgrad des Kreisprozesses der atmosphärischen Maschinen fast doppelt so gross ist, als derjenige der anderen Maschinen dieser Klasse unter gleichen Verhältnissen. Dieser Vortheil ist hauptsächlich der Erweiterung der Expansion zuzuschreiben.

Bei den gemischten Maschinen der ersten Klasse ist ferner zu ersehen, dass der Wirkungsgrad mit dem Gasreichthum und folglich auch mit der Explosionstemperatur und zwar in gleichem Verhältniss wie die letztere wächst.

Bei den Maschinen der zweiten Klasse wächst, wie bei den vorhergehenden, der Wirkungsgrad gleichfalls mit dem Gasreichthum und der Explosionstemperatur, aber viel stärker als im vorhergehenden Falle.

Bei einer Kompression auf 3 Atm. sind bei gleichen Mischungsverhältnissen die Wirkungsgrade bedeutend grösser als bei den gemischten und den doppeltwirkenden Maschinen der ersten Klasse, dagegen nahezu gleich denjenigen der atmosphärischen Maschinen.

Durch die Kompression ist eine Vergrösserung der Expansion möglich. Am deutlichsten ist dies zu erkennen bei der Kompression auf 5 Atm. Die Expansion ist hierdurch bedeutend verlängert, dementsprechend ist auch der Wirkungsgrad grösser und nähert sich demjenigen der atmosphärischen Maschinen.

Am auffallendsten ist der Einfluss der Kompression bei den Maschinen der dritten Klasse.

Bei der Kompression auf 3 Atm. ist der Wirkungsgrad etwas geringer als derjenige der gemischten Maschinen und doppeltwirkenden Maschinen

der ersten Klasse, während er bei einer Kompression auf 5 Atm. bedeutend höher als derjenige der betreffenden Gruppe der ersten Klasse ist.

Der Vergleich der verschiedenen Wirkungsgrade ϱ_1 zeigt zunächst, dass die besten Kreisprozesse von den atmosphärischen Maschinen und denen der zweiten Klasse ausgeführt werden, dass ferner die Ausnutzung der Wärme in den Maschinen der dritten Klasse sowie den atmosphärischen Maschinen in dem Maasse abnimmt, als der Gasreichthum der Mischung und damit auch die Explosionstemperatur wächst.

Man kann mithin sagen, dass im Allgemeinen der Wirkungsgrad des Kreisprozesses durch Vergrösserung der relativen Gasmenge in der Mischung oder durch Vergrösserung der Kompression vergrössert werden kann. Man erkennt ferner aus den vorstehenden Betrachtungen, dass die Maschinen der zweiten Klasse die besten Resultate zu geben scheinen. In der That ist auch diese Klasse der Gasmaschinen in der Praxis am meisten verbreitet.

Die atmosphärischen Maschinen geben gleichfalls, was den Gasverbrauch anbelangt, vortreffliche Resultate, allein bis zur Gegenwart ist es noch nicht gelungen, ihren Gang geräuschlos und gleichmässig zu machen, und ihr grosses Volumen einzuschränken.

Die gefundenen Wirkungsgrade ermöglichen es nun, den theoretischen Gasverbrauch zu berechnen, da sie die Anzahl der wirklich in der Maschine nutzbar gemachten Wärmeeinheiten angeben.

So besagt der Werth 0,3 des Wirkungsgrades, dass drei Zehntel jeder entwickelten W. E. nutzbar gemacht sind, oder dass von 100 entwickelten Wärmeeinheiten 30 in mechanische Arbeit umgesetzt sind.

Kennt man die Gasmenge in l, deren Verbrennung die einer PS äquivalente Wärmemenge erzeugt, so erhält man den theoretischen Gasverbrauch jeder Maschinen-Klasse, indem man diese Wärmemenge durch den entsprechenden Wirkungsgrad des Kreisprozesses dividirt.

Ein Stundenpferd ist gleich 270000 mkg, daher ist die zur Erzeugung desselben nothwendige Wärmemenge gleich:

$$\frac{270000}{425} = 635,3 \text{ W. E.},$$

und es berechnet sich, da 1 cbm Gas bei seiner vollständigen Verbrennung 5500 W. E. entwickelt, die theoretisch zur Leistung eines Stundenpferds erforderliche stündliche Gasmenge zu

$$\frac{635,3}{5500} = 0,116 \text{ cbm} = 116 \text{ l Gas.}$$

Die, durch Division dieser Zahl durch die verschiedenen Wirkungsgrade erhaltenen Werthe des theoretischen Gasverbrauchs der verschiedenen Klassen sind in der letzten Spalte der vorstehenden Tabelle enthalten. Ein Blick auf diese Werthe lehrt sofort, dass dieselben bedeutend kleiner sind als die in Wirklichkeit erforderlichen Gasmengen, und zwar je nach den verschiedenen Klassen 3 bis 6 mal kleiner.

Betrachtet man beispielsweise die Maschinen der ersten Klasse (ausgenommen die atmosphärischen Maschinen) bei einem Mischungsverhältniss 1 : 11, so ergiebt sich, dass der theoretische Gasverbrauch von 0,4 cbm für ein Stundenpferd ungefähr 6 mal kleiner ist als der wirkliche Gasverbrauch bei den doppeltwirkenden Maschinen, und ungefähr $4^1/_2$ mal kleiner als bei den gemischten Maschinen der ersten Klasse. Die atmosphärischen Maschinen haben in Wirklichkeit einen 3,5—4 mal grösseren Gasverbrauch, als die Theorie erfordert.

Die Maschinen der zweiten Klasse zeigen einen 3—4 mal grösseren Gasverbrauch und die Maschinen der dritten Klasse ergaben bei den wenigen Versuchen, welche mit ihnen angestellt worden sind, ungefähr dieselben Werthe. Man kann mithin allgemein behaupten, dass der wirkliche Gasverbrauch bei allen in der Praxis gebräuchlichen Maschinen 3 bis 6 mal so gross als der theoretisch erforderliche ist.

Der Grund hierfür liegt, wie später noch nachgewiesen werden wird, in den grossen Wärmeverlusten, welche eine Folge der Unmöglichkeit der wirklichen Ausführung des vollkommenen Kreisprozesses sind. Der Unterschied dieser Verluste bei den verschiedenen Systemen liegt in der mehr oder weniger vollkommenen praktischen Ausführung der Kreisprozesse, d. h. der mehr oder weniger möglichen Verringerung dieser Verluste durch vorherige Kompression der Ladung bei den beiden letzten Klassen, durch rasche Explosion und grosse Expansion bei den atmosphärischen Maschinen.

Um die erwähnte praktische Unausführbarkeit der theoretischen Kreisprozesse nachzuweisen, sollen nun zunächst die wirklichen Diagramme der verschiedenen Systeme mit den theoretischen verglichen werden.

Vergleich der wirklichen und theoretischen Diagramme.

Fig. 8 stellt das Diagramm einer Gasmaschine der ersten Klasse, und zwar von Lenoir dar.

Man erkennt daraus zunächst, dass das Ansaugen des Gemisches (auf der Linie a b) nicht bei konstantem, dem äusseren Luftdrucke gleichem Drucke erfolgt. Ferner ist sofort zu ersehen, dass die Explosion (Linie b c) sehr langsam und bei veränderlichem Volumen vor sich geht, und dass der Explosionsdruck von 4,8 Atm. weit unter dem theoretisch berechneten liegt. Die Expansionskurve (Linie c d) liegt ferner unterhalb der adiabatischen Linie, was auf einen Wärmeverlust schliessen lässt. Endlich ist die Expansion nicht vollkommen, da die Ausströmung bei d bereits beginnt, während der Druck noch höher als der äussere Luftdruck ist. Hieraus folgt ein bestimmter Gegendruck während der Auspuffsperiode d a.

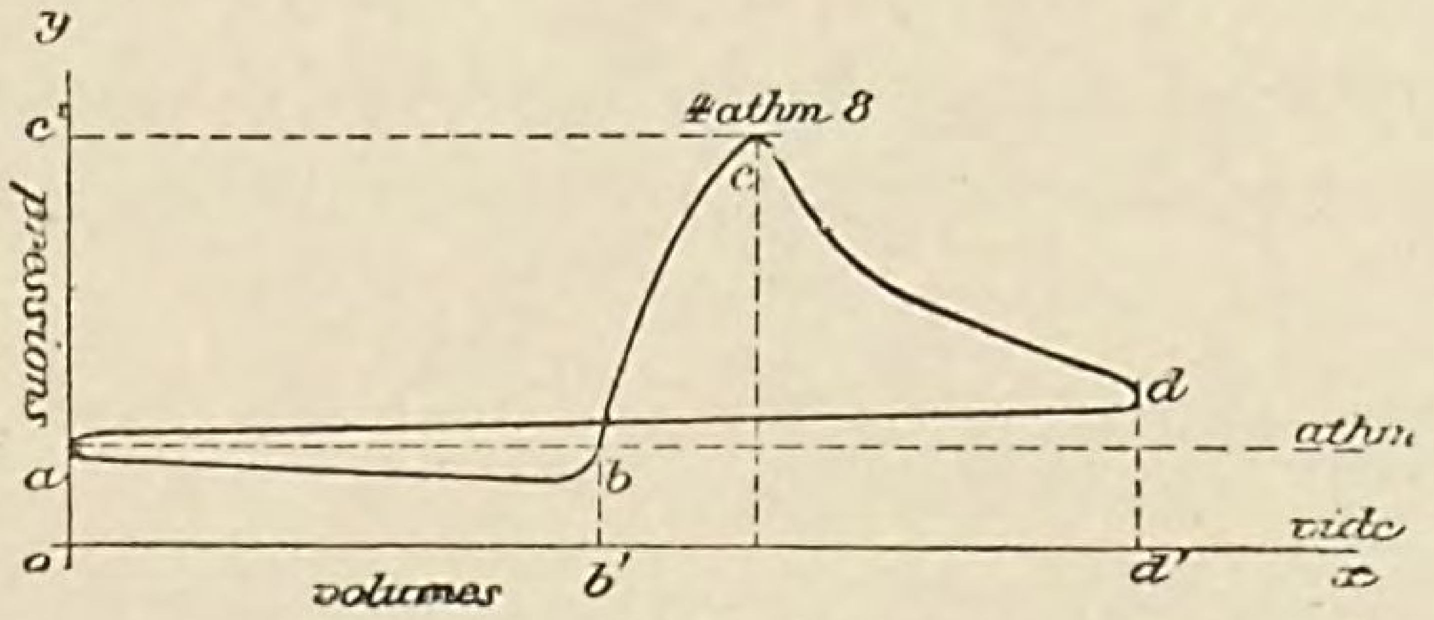


Fig. 8.

Das folgende Diagramm, Fig. 9, einer atmosphärischen Maschine von Otto und Langen zeigt dieselben Fehler wie das vorhergehende. Zwar findet die Explosion viel rascher und nahezu bei konstantem Volumen statt, dagegen wird der theoretische Enddruck auch hier nicht erreicht. Die Expansionskurve liegt auch hier unterhalb der Adiabate, indessen ist die Expansion bedeutend vollständiger als im vorigen Falle.

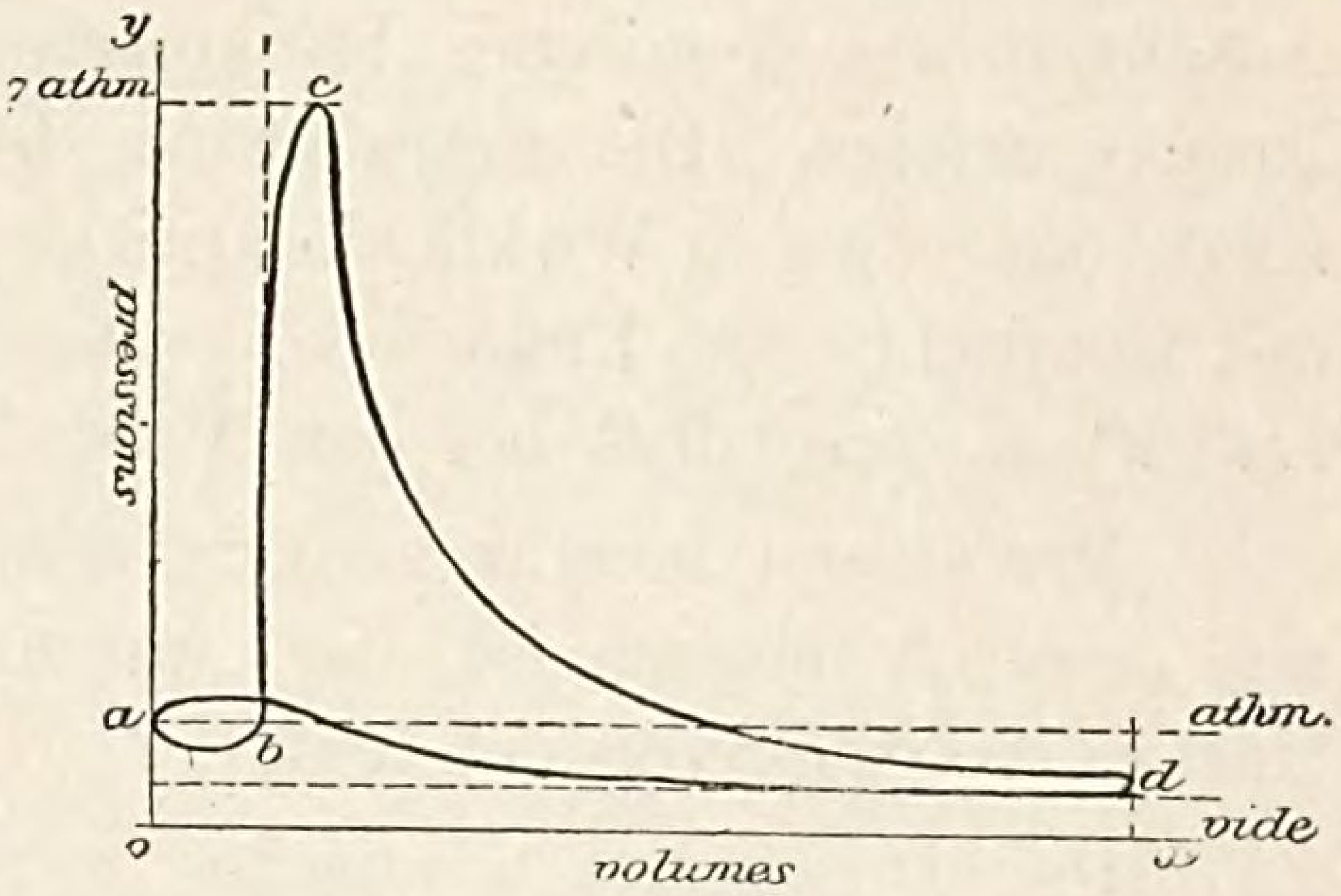


Fig. 9.

Aus dem folgenden Diagramme, Fig. 10, einer Otto'schen Gasmaschine der zweiten Klasse ergiebt sich, ähnlich wie in den beiden vorhergehenden Fällen, dass zunächst das Ansaugen (Linie a b) nicht bei atmosphärischem Drucke, die Explosion (Linie c d) nicht bei konstantem Volumen und nicht bis auf den theoretischen Enddruck erfolgt, dass ferner die Expansion wieder unter der adiabatischen Linie bleibt und unvollständig verläuft, und endlich die Ausströmung (Linie g a) mit einem gewissen Gegendruck erfolgt. Ist nun auch die Expansion weniger vollständig als in den beiden früheren Fällen, so nähert sich dagegen die Expansionslinie der Adiabate mehr als bei den beiden anderen Diagrammen.

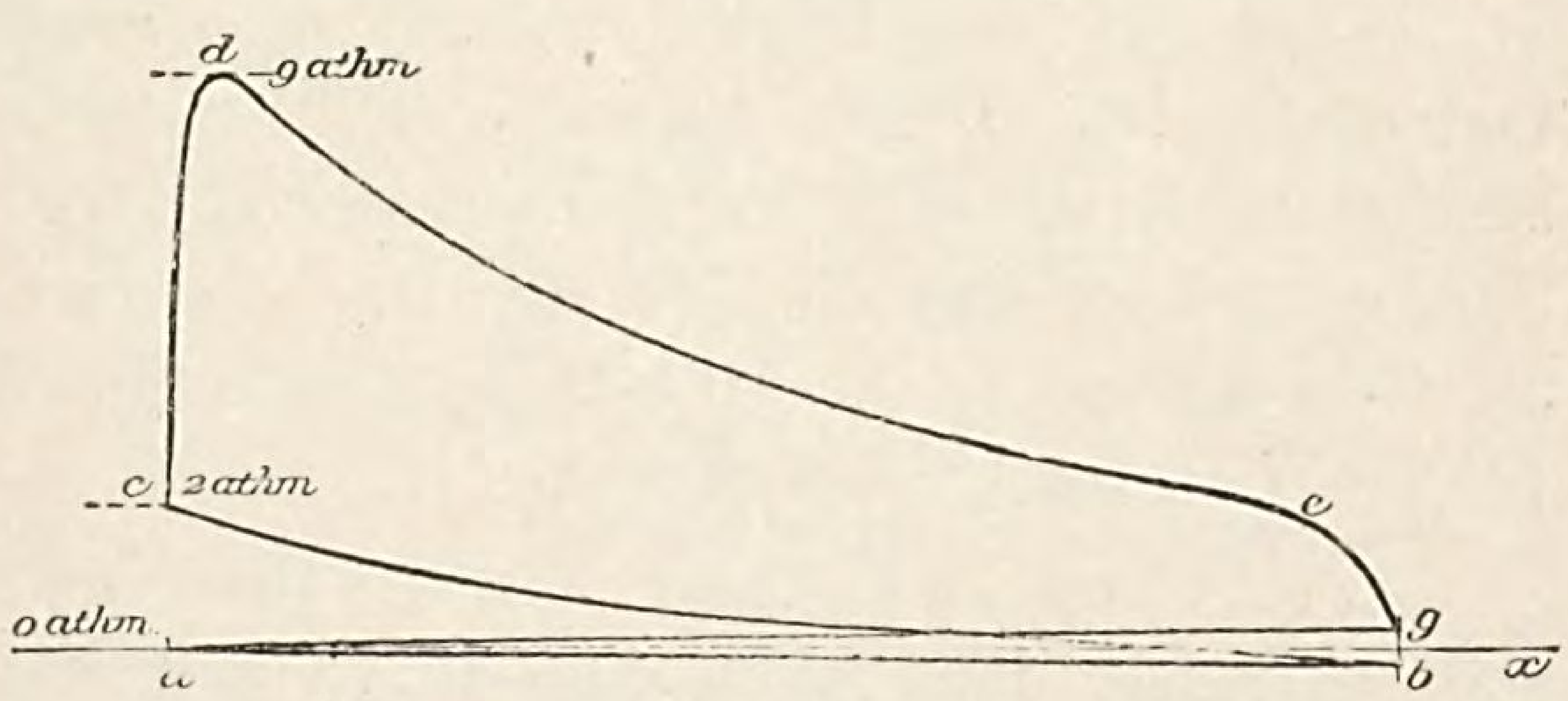


Fig. 10.

Fig. 11 endlich stellt das Diagramm einer Maschine der dritten Klasse dar, und zwar dasjenige des Arbeitscylinders, worin jedoch dasjenige des Kompressionscylinders, soweit es sich auf die gewonnene Arbeit erstreckt, mit enthalten ist.

Bei demselben findet die Verbrennung nur unvollkommen, weil nicht bei konstantem Drucke, statt; die Expansion ist unvollständig und gleichfalls unterhalb der Adiabate.

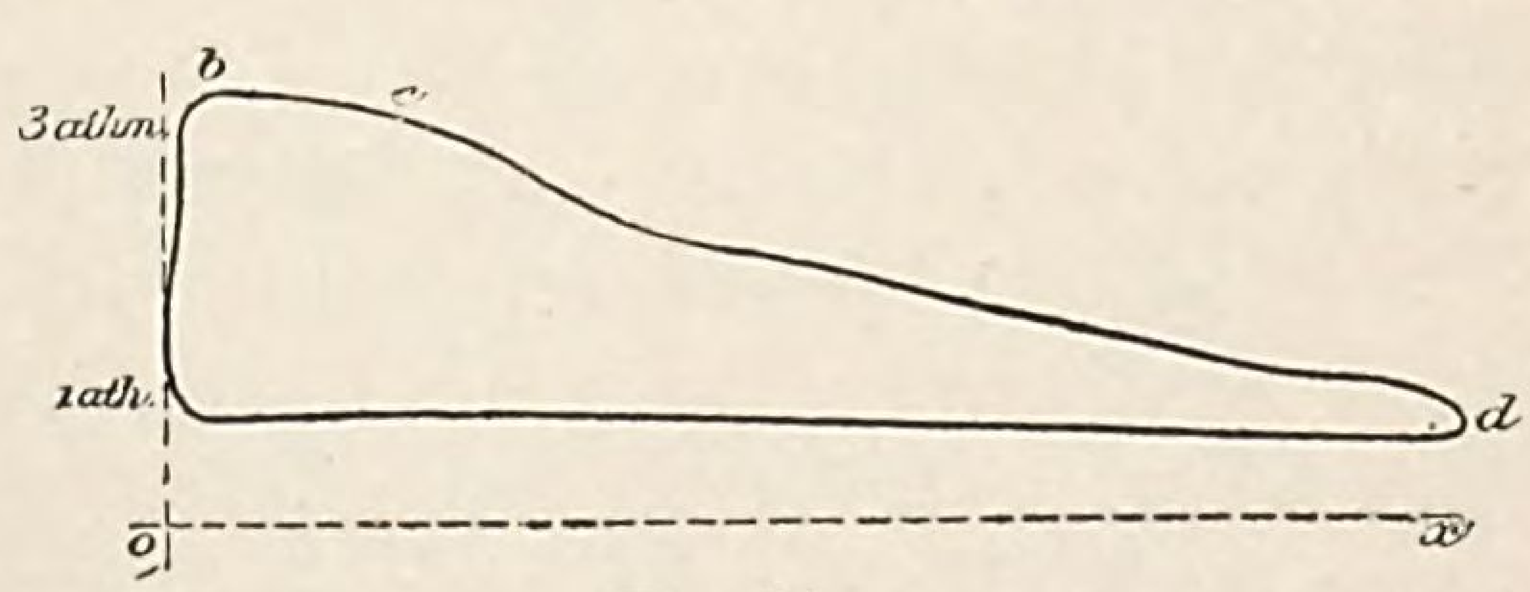


Fig. 11.

Der vorstehende Vergleich der verschiedenen wirklichen mit den theoretischen Diagrammen lehrt, in wie geringem Maasse die im Früheren aufgestellten theoretischen Bedingungen in Folge der Wärmeverluste in Wirklichkeit erfüllt werden.

Im Folgenden sollen nun die Ursachen dieser Verluste eingehender behandelt werden.

Die Ursachen der Wärmeverluste in den Gasmaschinen.

Zunächst war, um die Berechnung der Wirkungsgrade der Kreisprozesse der verschiedenen Systeme zu ermöglichen, vorausgesetzt worden, dass das Ansaugen des Gemisches bei konstantem, dem äusseren Luftdruck gleichem Drucke erfolge. Die Betrachtung der wirklichen Diagramme hat jedoch gezeigt, dass dies in Wirklichkeit nicht der Fall ist, vielmehr war der abs. Druck des Gemisches am Ende des Ansaugens beträchtlich geringer als der äussere Luftdruck, besonders bei den Maschinen der ersten Klasse.

Der Grund hierfür liegt in dem Vorgange des Ansaugens selbst, welcher nur dadurch möglich ist, dass durch den raschen Vorwärtsgang des Kolbens eine Luftverdünnung entsteht.

Der Druck des Gemisches würde am Ende der Saugperiode sogar in Wirklichkeit noch kleiner als der aus den Diagrammen gefundene sein, wenn nicht die Einwirkung der Cylinderwandungen mit in Frage käme. Da die letzteren erwärmt sind, so erwärmen sie auch das angesaugte Gemisch und erhöhen so dessen Spannung.

Bei den Maschinen der ersten Klasse ist der Einfluss der Cylinderwandungen gering, während er bei den Maschinen der zweiten Klasse in Folge der hohen, in der Explosionskammer erzeugten Temperatur von grösserer Bedeutung ist. Dieser Raum enthält nämlich in den meisten Fällen eine bestimmte Menge der Verbrennungsprodukte, welche sich mit der frischen Füllung mischt und dieselbe derartig erwärmt, dass die Spannung der Gase im Cylinder am Ende der Saugperiode gleich oder selbst grösser als der äussere Luftdruck werden kann.

Die Frage des Ansaugens des Gemisches ist ausserordentlich wichtig und schwierig, denn wenn man die Cylinderwandungen der Explosionskammer sehr warm hält, erwärmt sich das Gemisch, wodurch der Wirkungsgrad verkleinert, andererseits aber die Explosionstemperatur erhöht, die Zündung erleichtert, also auch schliesslich der Wirkungsgrad doch wieder erhöht wird.

Von grösster Bedeutung ist die nun zu untersuchende Explosion.

Es steht gegenwärtig zweifellos fest, dass die Explosion nicht momentan erfolgt, dass sie ferner nicht bei konstantem Volumen stattfindet und die theoretischen Enddrücke und Temperaturen nicht erreicht werden.

Man sollte jedoch vermuthen, dass die Explosion mehr oder weniger rasch erfolgt, wenn auch nicht momentan. Die Erfahrung hat nun in der That bestätigt, dass unter den denkbar günstigsten Verhältnissen der Maximaldruck der Explosion bei konstantem Volumen nach einigen Tausendsteln einer Sekunde erreicht war. Leider sind jedoch die meisten Maschinen weit davon entfernt, unter diesen günstigsten Verhältnissen zu arbeiten.

Die Explosion wird allerdings um so rascher erfolgen, je gasreicher, je reiner, je gleichmässiger und je wärmer die Mischung, sowie je kleiner die Oberfläche der Cylinderwandungen und je höher deren Temperatur ist.

Zum besseren Verständniss dessen muss man den Vorgang der Explosion näher untersuchen.

Damit dieselbe zunächst überhaupt möglich sei, muss das Gasgemisch entzündbar sein, d. h. die Verbrennung an irgend einem Punkte desselben durch einfache Temperatursteigerung beginnen können, welch letztere durch eine brennende Flamme, einen elektrischen Funken, einen rothglühenden Körper oder dergl. verursacht werden kann.

Die durch die Verbrennung der ersten entzündeten Schicht entwickelte Wärme muss nun genügen, um die benachbarte Schicht auf ihre Entzündungstemperatur zu erwärmen.

Die an irgend einem Punkte bewirkte Entzündung des Gemisches muss sich mithin von Schicht zu Schicht fortpflanzen, weshalb die Explosion um so rascher erfolgen wird, je geringer die Entfernung der einzelnen Schichten von einander ist, oder mit anderen Worten je kleiner der Weg ist, den die Flamme zurückzulegen hat, und je rascher die Entzündung der aufeinander folgenden Schichten erfolgt. Letztere wird aber um so besser erfolgen, je gasreicher, je reiner, je gleichmässiger und je wärmer das Gemisch ist, da in Folge des letzteren Umstandes die Entzündungstemperatur der benachbarten Schichten niedriger, die durch die Verbrennung des Gemisches entwickelte Wärme aber grösser sein wird.

Da jedoch das Gemisch von einer metallischen, also gut wärmeleitenden Hülle von verhältnissmässig niedriger Temperatur umgeben ist, so wird dieselbe um so mehr Wärme aufnehmen, je kälter sie ist, hierdurch die Explosion eine entsprechend grössere Verzögerung erleiden, und die Erwärmung der einzelnen Schichten auf die Entzündungstemperatur um so länger dauern, je kälter die Wandungen sind, weil ein bestimmter Theil der durch die Verbrennung der vorhergehenden Schicht erzeugten Wärme von den Cylinderwandungen aufgesaugt wird.

Hieraus folgt, dass die Explosion um so rascher erfolgen wird, je kleiner und je wärmer die Oberfläche der Cylinderwandungen ist.

Auch die Kompression des Gemisches hat auf die Schnelligkeit der Explosion einen Einfluss. Sie hat zunächst zur Folge, dass die einzelnen Moleküle einander genähert werden (und hierdurch das Gemisch gleichmässiger wird), dass ferner die Temperatur desselben erhöht wird (wodurch die Zündung rascher erfolgt). Ihr Hauptvortheil aber liegt in der Verkleinerung der Oberfläche der Cylinderwandungen, wodurch es ermöglicht ist, dieselbe Gasmenge in einen relativ kleineren Raum abzuschliessen.

Die Kompression vermehrt somit zweifellos die Geschwindigkeit der Explosion.

Dagegen haben die mit Kompression arbeitenden Maschinen meistens eine besondere Explosionskammer (in welche der Kolben nicht eindringt), wodurch ein schädlicher Raum gebildet wird, in welchem ein bestimmtes

Volumen von Verbrennungsprodukten zurückbleibt, das sich mit der frischen Füllung mischt, deren Reinheit beeinträchtigt und dadurch die Explosion verlangsamt.

Trotz alledem hat die Kompression dennoch einen sehr wichtigen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Explosion, welcher hauptsächlich in der Verkleinerung der abkühlenden Cylinderoberfläche besteht. Denn der Einfluss der Cylinderwandungen ist ohne Frage der wesentlichste unter allen bisher besprochenen, den Kreisprozess beeinflussenden Umständen. Man erkennt dies am deutlichsten aus den Diagrammen einer mit Kompression arbeitenden Maschine, welche nach mehreren Versagern oder Aussetzern der Maschine abgenommen sind. Da die Cylinderwandungen durch das mehrfache Ansaugen kalter Luft abgekühlt sind, so ist die Verbrennungsgeschwindigkeit der ersten, sich wieder entzündenden Ladung ausserordentlich langsam und die Explosion sehr wenig wirksam.

Hieraus folgt demnach, dass die Explosionsgeschwindigkeit mit der Temperatur der Cylinderwandungen wächst.

Die Explosionsgeschwindigkeit ist mithin von einer Menge von Umständen abhängig. Mallard und Le Chatelier haben für Gemische von 6 Theilen Luft und 1 Theil Gas gefunden, dass diese Geschwindigkeit nicht über 1,25 m in der Sekunde steigt, während sie für gasarme Mischungen bis auf 0,25 m in der Sekunde sinkt.

Als Folge der nicht momentanen Explosion ergiebt sich nun, dass dieselbe nicht bei konstantem Volumen stattfinden kann, da der Kolben während der Verbrennung der Ladung vorwärts geht. Es ist ferner leicht einzusehen, dass die Explosion um so angenäherter bei konstantem Volumen vor sich geht, je kleiner die Geschwindigkeit des Kolbens im Momente der Zündung ist. Aus diesem Grunde findet bei den meisten neueren Maschinen die Zündung bei der inneren Todtpunktlage des Kolbens oder selbst kurz vorher statt, sodass die Explosion beim Beginne des neuen Hubes nahezu oder vollständig beendigt ist.

Sehr deutlich erkennt man diesen Einfluss der Kolbengeschwindigkeit aus dem Diagramm der zu der ersten Klasse gehörigen Maschine von Lenoir. Bei derselben findet die Explosion nahezu im Momente der grössten Kolbengeschwindigkeit statt, in Folge dessen sie im Diagramm eine sehr geneigte Linie ergiebt und unter wesentlicher Vergrösserung des Volumens stattfindet.

Bei den atmosphärischen Maschinen von Otto und Langen ist das Volumen in Folge des Eigengewichtes des Kolbens nahezu konstant.

Bei dem Diagramm der Otto'schen Maschine der zweiten Klasse bemerkt man gleichfalls, dass die Explosion nicht bei konstantem Volumen stattgefunden hat, indessen liegt der Grund hierfür darin, dass diese Verzögerung der Explosion vom Erfinder gerade beabsichtigt war, zu welchem Zwecke in der Zündkammer ein Theil der Verbrennungsprodukte zurückbehalten und mit der frischen Füllung gemischt wird, wodurch die Verbrennung verlangsamt wird.

Der Hauptvorzug seiner Erfindung vor anderen wurde von Otto selbst dieser verlangsamten Verbrennung zugeschrieben, während derselbe in Wirklichkeit auf der Anwendung der Kompression beruht, deren weitere Vortheile in der Folge noch erörtert werden.

Eine andere wichtige Thatsache, auf welche noch hinzuweisen ist, ist diejenige der unvollständigen Verbrennung des Gemisches. Dieselbe ist durch eine Reihe von Versuchen bestätigt worden, unter anderem auch durch den Nachweis von Spuren von Kohlenoxyd in den Verbrennungsprodukten.

Aus allen angeführten Gründen, welche die Wirkung der Explosion wesentlich beeinträchtigen, ist ohne weiteres zu begreifen, dass die ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste berechneten theoretischen Drücke und Temperaturen wesentlich höher sein müssen, als die in Wirklichkeit beobachteten.

Dies lässt sich zwar durch den Vergleich der Ergebnisse von Versuchen verschiedener Art feststellen, jedoch ist dies nicht immer ausführbar, da man hierzu nicht nur die Explosionsdrücke und Temperaturen, sondern auch die Zusammensetzung der Mischungen kennen muss, welche diese Drücke und Temperaturen ergeben haben. Die letzteren sind aber in Folge der Schwierigkeit, Temperaturen über 1000° C. genau zu messen, nur bei sehr wenigen Versuchen ermittelt worden.

Dagegen hat man die praktisch viel wichtigeren und viel leichter zu bestimmenden Drücke sehr häufig gemessen. Die letzteren gestatten aber auch einige Vergleiche, sobald man nur gleichzeitig die Zusammensetzung des verbrannten Gemisches kennt.

Andererseits aber können die Berechnungen immer nur Annäherungswerthe ergeben, da man keinen bestimmten Anhalt bezüglich des theoretischen Heizeffektes der Gase hat, welcher in Folge der verschiedenartigen Zusammensetzung der Gase nicht nur für jedes Land, sondern auch fast für jede Gasanstalt verschieden ist.

Einen Beweis hierfür liefern die von verschiedenen Experimentatoren gemachten Angaben bezüglich der bei der Verbrennung eines cbm Gas bei konstantem Volumen entwickelten Wärmemengen, welche zwischen 4875 und 9054 W. E. schwanken. Hierzu kommt noch, dass trotz der vortrefflichen Untersuchungen von Mallard und Le Chatelier die specifischen Wärmen des Leuchtgases bei verschiedenen Temperaturen noch nicht genau bekannt sind. Ausserdem ist der ganze Vorgang in der Maschine ein sehr verwickelter, und findet zudem noch eine Kontraktion oder Zusammenziehung der Gase statt, welcher gleichfalls meistens nicht Rechnung getragen wird.

Kurz, die wirklichen Beobachtungen gestatten nur eine annäherungsweise Berechnung der aus der Verbrennung des Gases bei konstantem Volumen stammenden Temperatur- und Drucksteigerungen.

Die gefundenen Werthe scheinen jedoch der Wirklichkeit ziemlich nahe zu kommen, denn bei der geringen Zahl von Fällen, wo ein Vergleich zwischen

den theoretischen und beobachteten Werthen möglich war, fand sich zwischen den entsprechenden Drücken und Temperaturen eine genügende Uebereinstimmung, sobald man die Kontraktion, die nicht momentane Explosion, die Unvollständigkeit der Verbrennung und die Wärmeverluste gebührend berücksichtigte.

So gab eine Lenoir'sche Maschine der ersten Klasse, welche mit einem Mischungsverhältniss von 1 : 11 arbeitete, nach den Versuchen von Tresca einen mittleren Explosionsdruck von 4,8 Atm., während die Berechnung 6,8 Atm. ergab.

Bei einer Clerk'schen Maschine, welche mit einem Mischungsverhältniss von 1 : 7 und einer Kompression auf 3 Atm. arbeitete, fand der Erfinder selbst Drücke von über 16 Atm., während die Berechnung 20 Atm. ergiebt. Endlich fand Witz bei einer Simplex-Maschine Drücke über 23 Atm.

Bei den Maschinen der zweiten Klasse kann man im Allgemeinen annehmen, dass bei mittlerem Mischungsverhältniss und mittlerer Kompression der Explosionsdruck ungefähr das 5- bis $5^1/_2$fache des Kompressionsenddruckes beträgt.

So war in dem vorher erwähnten Beispiele der Clerk'schen Maschine der Kompressionsdruck 3 Atm., der Explosionsdruck dagegen 16 Atm.

Bei einer Otto'schen Maschine von ungefähr 2,5 Atm. Kompressionsdruck ist der Explosionsdruck ungefähr 12 Atm.

Bei den Maschinen der dritten Klasse kommen die der Verbrennung zuzuschreibenden Verluste daher, dass dieselbe nicht vollständig ist und nicht bei konstantem Drucke stattfindet.

Auch hier haben die Cylinderwandungen einen offenbaren Einfluss, und werden, wie in den beiden ersten Fällen, die theoretisch berechneten Werthe der Temperatur und des Enddruckes der Explosion in Wirklichkeit niemals erreicht, wodurch der Wirkungsgrad herabgezogen wird.

Die dritte für den vollkommenen Kreisprozess aufgestellte Bedingung, welche nun zu erörtern ist, war diejenige, dass die Expansion nach einer Adiabate stattfinden solle, d. h. derartig, dass die ganze Arbeit ohne gleichzeitige Wärmezu- oder -abfuhr geleistet wird.

Diese Bedingung ist jedoch in Wirklichkeit nicht zu erfüllen, da die für die Cylinder verwandten Stoffe Metalle, also gute Wärmeleiter sind, welche auf einer bedeutend unter der Explosionstemperatur der Gase liegenden Temperatur gehalten werden.

Hieraus ergeben sich beträchtliche Wärmeverluste durch die Cylinderwandungen, in Folge deren die Expansion unter der Adiabate verläuft. Je höher allerdings die Temperatur der Cylinderwandungen ist, desto geringer werden diese Wärmeverluste sein.

Leider ist es aber, um den guten Gang der Maschine nicht zu beeinträchtigen, unmöglich, mit dieser Temperatur über eine bestimmte Grenze

hinauszugehen. Hieraus folgt, dass die durch die Cylinderwandungen während der Expansion bewirkten Verluste von der verhältnissmässig grössten Bedeutung sind.

Auch bei dieser Gelegenheit macht sich der Einfluss der Kompression geltend.

Es ist leicht zu erkennen, dass bei den mit Kompression arbeitenden Maschinen die Expansionskurve der Adiabate viel näher liegt, als in den anderen Fällen. Trotzdem gehen im Allgemeinen mehr als 40 % der Wärme in das durch den Cylindermantel fliessende Kühlwasser über.

Ein anderer Uebelstand ist endlich der, dass die Ausströmung schon beginnt, während der Druck der Gase noch wesentlich höher als der äussere Luftdruck und die Expansion noch nicht vollendet ist, die Gase aber noch nicht auf eine genügende Temperatur abgekühlt sind.

Hieraus entspringen noch zwei andere Unvollkommenheiten des Kreisprozesses und zwei Verluste.

In Folge des am Ende der Expansion noch herrschenden Ueberdruckes im Cylinder findet das Austreiben der Gase in die äussere Luft mit einem bestimmten Gegendruck, also mit einem Arbeitsverlust statt.

Da ferner die Expansion noch nicht vollständig beendigt ist und ausserdem die Gase noch nicht genügend abgekühlt sind, so ist klar, dass mit den Verbrennungsprodukten eine bestimmte Wärmemenge unbenutzt entweicht. Diese während der Ausströmung verlorene Wärmemenge wird ebenfalls noch durch den Einfluss der Cylinderwandungen vergrössert. Während dieser Periode sollten die Cylinderwände den Gasen eine bestimmte Wärmemenge entziehen und sie auf ihre anfängliche Temperatur abkühlen. Dies ist jedoch nicht möglich, da die metallischen Wände während der Expansion zuviel Wärme aufgenommen haben, daher während des Auspuffs hierzu nicht mehr im Stande sind. Man kann sich von der mit den Verbrennungsprodukten abgehenden Wärme eine Vorstellung machen, wenn man erwägt, dass dieselben mit über 300° C., anstatt, wie vorausgesetzt war, mit 15° C. abgehen.

Es ist nach dem Gesagten leicht einzusehen, dass die Wärmeverluste in den Gasmaschinen ganz ausserordentliche sind, dass sie ferner verschiedene Ursachen haben, deren hauptsächlichste aber der Einfluss der Cylinderwandungen ist.

Prof. A. Witz hat gerade diese Frage eingehend studirt und die Ergebnisse seiner Untersuchungen in den folgenden beiden Sätzen ausgesprochen:

1. Die Ausnutzung der Wärme wächst mit der Geschwindigkeit der Expansion.

2. Die Verbrennung der explosiblen Gemenge erfolgt um so rascher, je grösser die Geschwindigkeit der Expansion ist.

Hieraus folgt, dass der Einfluss der Cylinderwandungen um so geringer und folglich der Wirkungsgrad um so grösser ist, je grösser die Kolbengeschwindigkeit ist.

In der Folge wird gezeigt werden, dass die Gasmaschinen trotz ihrer zahlreichen Unvollkommenheiten dank der wichtigen Verbesserungen, welchen sie in den letzten 15 Jahren unterworfen wurden, auf eine hohe Stufe der Entwicklung gelangt sind. Indessen sind diese Verbesserungen noch keineswegs befriedigend und können sicherlich noch weiter geführt werden.

So verspricht der Gasmotor also noch Vieles. Indessen müssen die Erfinder ihre Verbesserungen nicht auf die äussere Form der einzelnen Konstruktionstheile, sondern auf die Beseitigung der Wärmeverluste erstrecken. Um dies Ziel zu erreichen, müssen sie eine sehr rasch laufende Maschine zu konstruiren versuchen, deren Betrieb durch ein reines, stark verdichtetes Gemisch erfolgt, deren Expansion soweit als möglich getrieben, deren Cylinderoberfläche so klein als möglich ist und eine möglichst hohe Temperatur besitzt.

Zweites Kapitel.

Ueber die Bauart der Gasmaschinen im Allgemeinen.

Eintheilung der Gasmaschinen nach ihrer Bauart.

Im Früheren war bereits zur Erleichterung der Betrachtung eine Eintheilung der Gasmaschinen auf Grund der von ihnen ausgeführten Kreisprozesse vorgenommen worden.

Vom Gesichtspunkt ihrer Bauart aus lassen sich dieselben gleichfalls, jedoch ganz anders eintheilen. Wie beschaffen dieselben auch bezüglich ihres Systems oder ihrer Wirkungsweise sein mögen, so zerfallen dieselben doch alle in die beiden folgenden Klassen:

1. Stehende Maschinen,
2. Liegende Maschinen.

1. Die stehenden Maschinen. Bei denselben lassen sich wieder zwei Unterabtheilungen machen, je nachdem der Cylinder unten oder oben liegt. Im ersteren, weitaus häufigerem Falle erweitert sich der Cylindermantel nach unten hin und bildet den Unterbau der Maschine, während zwei vom oberen Ende des Cylinders ausgehende Arme die Kurbelwelle tragen. Diese Anordnung zeigen die Maschinen von Otto, Crossley, Koerting, Ragot, Griffin, Buss-Sombarth etc.

Bei denselben dient der Kolben zugleich zur Gradführung, und überträgt seine Bewegung durch eine gelenkig mit ihm verbundene Pleuelstange auf die Kurbel. Der Unterbau dient häufig zugleich als Saugtopf für die Luft und trägt zugleich die Steuerungsorgane, Zündvorrichtung etc.

Zuweilen findet man auch noch eine eigenthümliche Art der Bewegungsübertragung, wie z. B. bei dem Bisschop'schen Motor.

Liegt der Cylinder oben, so ist er meistens auf einem Gestell befestigt, welches gleichfalls die Kurbelwelle trägt. Die Bewegung wird dann auf die letztere durch einen, nahe am Fussboden liegenden Balancier und zwei Pleuel-

stangen übertragen, deren eine mit der Kurbelwelle, die andere mit dem Kolben verbunden ist.

Auf diese Art sind die Maschinen von Bénier, Brayton etc. gebaut.

Die Bauart nach dem sog. Hammersystem findet sich auch zuweilen, und zwar mit Vorliebe bei Schiffs-Maschinen, wie z. B. bei den Maschinen von Daimler, Tenting, Forest, Lutzky, Capitaine, Grob etc.

Wie bereits erwähnt, sind die stehenden Maschinen der ersten Gruppe, mit unten liegendem Cylinder, die weitaus verbreitetsten. Sie sind am einfachsten und praktischsten gebaut. Da sie kein besonderes Gestell erfordern, indem der Cylinder dessen Stelle vertritt, so sind sie leichter und gedrängter als irgend ein anderes System, haben dagegen aber eine etwas geringere Stabilität als die übrigen stehenden Maschinen.

Die Balanciermaschinen sind im Allgemeinen sehr gedrängt und stabil. Diese Bauart wird häufig dann angewandt, wenn es sich um den Antrieb eines besonderen Theils der Maschine von anderem Hube als der Kolben, z. B. eines Luftkompressors, wie bei der Maschine von Brayton, oder einer Pumpe handelt.

Im Allgemeinen sind die stehenden Maschinen gedrängter und leichter als die liegenden. Die Uebersicht und Wartung derselben ist meistens sehr leicht und die Schmierung in Folge der stehenden Anordnung der Cylinder billiger.

Sie werden meistens nur für Leistungen unter 4 PS., zuweilen jedoch auch noch für 10 PS. gebaut und besitzen manchmal noch eine besondere Kompressionspumpe, wodurch sie im Stande sind, bei jeder Umdrehung eine Explosion auszuführen. Für Leistungen über 10 PS. werden sie mit 2 direkt nebeneinander stehenden Cylindern versehen, deren Kolben auf eine doppeltgekrümmte Kurbelwelle arbeiten. Zuweilen werden auch beide Cylinder gegeneinander geneigt, in welchem Falle die beiden Pleuelstangen an einer einzigen Kurbel angreifen. Für Leistungen über 30 PS. erhalten die stehenden Maschinen 4 Cylinder.

2. Die liegenden Maschinen. Die liegenden Maschinen werden meistens für Leistungen über 1 PS., jedoch fast ausschliesslich für solche über 10 PS. und zwar ein-, zwei- und selbst viercylindrisch gebaut, und die Cylinder meistens freitragend am Maschinengestell befestigt, welches alle Steuerungstheile etc. der Maschine trägt. Das Gestell liegt seltener direkt auf dem Fussboden auf, sondern ist meistens auf einem besonderen Fundamentblock oder Sockel befestigt. Die Bewegungsübertragung auf die Kurbelwelle geschieht meistens durch eine Gradführung und Pleuelstange, besonders dann, wenn die vordere Hälfte des Cylinders zur Verdichtung des Gemisches dient, und bei jeder Umdrehung der Maschine eine Explosion stattfindet.

In manchen Fällen dient der Kolben allein zur Gradführung und ist die Pleuelstange dann direkt an ihm befestigt. Diese Anordnung macht die Maschinen kleiner, leichter und billiger, zieht jedoch leicht Gasverluste nach sich, wenn der Kolben nicht sehr gut abgedichtet ist.

Die verschiedenen Steuerungstheile sind meistens an der Hinterseite des Cylinders angebracht und werden durch eine, seitlich von der Maschine parallel zur Cylinderachse liegende, von der Kurbelwelle angetriebene Hilfs- oder Steuer-Welle bewegt.

Zuweilen finden sich eigenartige Ausführungen der Bewegungsübertragung auf die Kurbelwelle zum Zwecke der Verkleinerung der ganzen Maschine, wie z. B. bei den Maschinen von Forest, Noel u. s. w.

Die liegenden Maschinen sind im Allgemeinen grösser, schwerer und theuerer als die stehenden Maschinen, besonders in Folge der Nothwendigkeit eines Fundamentblockes. Auch ist die Schmierung kostspieliger, dafür aber die Stabilität bedeutend grösser.

Aus der vorstehenden allgemeinen Beschreibung der liegenden Maschinen ist zu ersehen, dass dieselben viele Aehnlichkeit mit den liegenden Dampfmaschinen besitzen.

Beide Klassen der Gasmaschinen, die stehenden und liegenden, lassen sich nun weiter in zwei wichtige Unterabtheilungen zerlegen und zwar:

1. die doppeltwirkenden Maschinen,
2. die einfachwirkenden Maschinen.

Die doppeltwirkenden Maschinen. Man versteht unter doppeltwirkenden Maschinen diejenigen, bei welchen die Explosion in bestimmten Zeiträumen auf beiden Kolbenseiten abwechselt. Die Maschinen aller Klassen können mithin in dieser Weise ausgeführt werden. Insbesondere bei den Maschinen ohne Verdichtung der Ladung kann, ähnlich wie die Einströmung bei Dampfmaschinen, die Explosion bei jeder Umdrehung auf jeder Kolbenseite stattfinden, während bei den mit Verdichtung arbeitenden Maschinen nach je zwei, zuweilen auch erst nach je drei Umdrehungen der Kurbelwelle eine Explosion erfolgt.

Welche Bauart man nun auch zu Grunde legen mag, so ist jedenfalls klar, dass eine doppeltwirkende Maschine kleiner, gedrängter und leichter sein sowie einen gleichmässigeren Gang haben wird, als eine einfach wirkende Maschine.

Leider sind jedoch diese Vortheile durch die Nachtheile, welche die doppeltwirkende Anordnung mit sich bringt, reichlich aufgewogen. Der erste und hauptsächlichste derselben liegt in dem erhöhten Gasverbrauch in Folge des Einflusses der Cylinderwandungen.

Die letzteren werden nämlich bei doppeltwirkenden Maschinen derartig erwärmt, dass die zu ihrer Abkühlung nothwendige grosse Kühlwassermenge die Wärmeverluste durch die Abkühlung beträchtlich steigert. Ausser der Vergrösserung des Kühlwasser- und Gasverbrauchs ist jedoch auch diejenige des Schmiermaterialverbrauchs sowie die grössere Abnutzung der Kolbendichtungen zu berücksichtigen, welche durch die hohen Temperaturen sowie durch das, zur Vermeidung von Gasverlusten nothwendige, stärkere Anpressen der Kolbenringe verursacht ist, wodurch wieder eine fortgesetzte

Ueberwachung der Maschinen erforderlich, sowie der leichte Gang derselben beeinträchtigt wird.

Die ersten Gasmaschinen von Lenoir und Hugon waren doppeltwirkend. Ihr Gang war leicht, ruhig und geräuschlos, aber ihr Gasverbrauch liess sich nicht unter 2,5 cbm für ein Stundenpferd herabziehen.

Die Lenoir'sche Maschine verbrauchte ferner 120—150 l Wasser für ein Stundenpferd und ungefähr 50 g Schmieröl für dieselbe Leistung.

Der Wärmeverlust einer derartigen Maschine wurde von Tresca versuchsmässig bis zu 85% der durch die Verbrennung entwickelten Wärme gefunden.

Bei der Hugon'schen Maschine war dieser Verlust in Folge von Wassereinspritzung in den Cylinder etwas kleiner, aber auch noch sehr beträchtlich.

Im Gegensatz zu diesen Maschinen sind die mit Verdichtung arbeitenden doppeltwirkenden Maschinen bedeutend vortheilhafter, vor allem dann, wenn die Explosion auf jeder Kolbenseite nur nach je drei Umdrehungen erfolgt.

Bei diesen Maschinen wird je eine Umdrehung nur dazu verwandt, um eine bestimmte Luftmenge behufs vollständiger Entfernung der Verbrennungsprodukte und Abkühlung der Cylinderwandungen anzusaugen und wieder auszustossen.

Man kann den Unterschied zwischen diesen Maschinen und denjenigen der vorhergehenden Klassen am deutlichsten aus einem Vergleich der oben angegebenen Verbrauchszahlen mit den durch Versuche zu London im Jahre 1888 festgestellten Werthen einer doppeltwirkenden Griffin'schen Maschine ersehen, bei welcher nach jeder dritten Umdrehung eine Explosion auf einer der beiden Kolbenseiten stattfand.

Der Gasverbrauch belief sich auf weniger als 0,8 cbm für 1 St. PS., der Oelverbrauch auf weniger als 15 g, während der Wärmeverlust durch das Kühlwasser und die zur Kühlung angesaugte Luft nicht über 40% stieg.

Diese Werthe, so bemerkenswerth sie auch in Ansehung des Maschinensystems und im Vergleich mit denen der Lenoir'schen Maschinen sind werden jedoch von denen weit übertroffen, welche einfach wirkende Maschinen im Allgemeinen liefern, zumal wenn man berücksichtigt, dass die untersuchte Griffin'sche Maschine mehr als 12 effekt. PS. leistete, und ferner erwägt, dass alle Verbrauchszahlen für 1 Stunde PS. sich mit zunehmender Gesammtleistung verringern. Bei den erwähnten Versuchen wurden auch zwei einfach wirkende Maschinen, eine von Otto und Crossley und eine von Atkinson untersucht.

Während nun die Griffin'sche Maschine den Vorzug des gleichmässigeren Ganges besass, war dagegen ihr Gas-, Wasser- und Oelverbrauch noch beträchtlich grösser als bei Otto und Atkinson.

Trotz der verhältnissmässig befriedigenden Ergebnisse, welche einzelne doppeltwirkende Maschinen lieferten, bewirkten doch die Unzuträglichkeiten,

welche namentlich die Kolbenliderungen sowie die ganze verwickelte Bauart dieser Maschinen mit sich brachten, dass dieselben fast vollständig fallen gelassen wurden.

Diese Unzuträglichkeiten zeigen sich unter Anderem auch in dem um mindestens 5 % kleineren, mechanischen Wirkungsgrad der doppeltwirkenden Maschinen im Verhältniss zu den einfach wirkenden.

Nur die Griffin'sche Maschine wird von allen doppeltwirkenden Maschinen gegenwärtig noch gebaut.

Die einfachwirkenden Maschinen. Hierher gehören alle jene Maschinen, bei welchen nur auf einer Kolbenseite in bestimmten Zwischenräumen eine Explosion stattfindet.

Wie bereits erwähnt, waren die ersten Gasmaschinen doppeltwirkend, indessen überzeugte man sich bald von den Nachtheilen dieser Anordnung.

Otto war einer der ersten, welcher einfach wirkende Maschinen ausführte. Dieser intelligente Erfinder erkannte zuerst den Vortheil dieser Anordnung und erbaute daraufhin seine so eigenartige Maschine, bei welcher nur nach je zwei Umdrehungen eine Explosion stattfindet und das Schwungrad eine so ausserordentlich wichtige Rolle spielt.

Die Otto'sche Anordnung wurde von der Mehrzahl der späteren Gasmaschinenkonstrukteure nachgeahmt und leistete in der That Vortreffliches.

Wenn nun auch im Allgemeinen die einfachwirkenden Maschinen schwerer und grösser sind, ein mächtiges Schwungrad erfordern und ungleichmässiger laufen, so sind sie dafür einfacher und verbrauchen, was das Wichtigste ist, weniger Gas, Wasser und Schmieröl als die doppeltwirkenden Maschinen. Der Gasverbrauch ist bei verschiedenen einfachwirkenden Maschinen von weniger als 10 eff. PS. auf weniger als 0,6 cbm für 1 St. PS. herabgedrückt, wobei der Wärmeverlust durch das Kühlwasser nicht über 20 % beträgt und ein Kühlwasserverbrauch von 20 l für 1 St. PS. zur Abkühlnng vollkommen hinreicht, während der Oelverbrauch bis auf 5 g für dieselbe Leistung gesunken ist.

Alle die vorerwähnten Vortheile finden sich zwar nicht bei ein und derselben Maschine vereinigt, vielmehr hat jedes System seine besonderen Vorzüge. Indessen liegt der Mittelwerth bei allen Maschinen wenig über den angegebenen Werthen.

In neuerer Zeit ist die Gleichmässigkeit des Ganges noch mehr vervollkommnet und der Einfluss des Schwungrades auf zweierlei Art verringert worden.

Unter Beibehaltung des Viertakts, jedoch Einführung einer Explosion bei jeder Umdrehung wurden zwei oder vier Cylinder angewandt, welche bei verschiedenen Perioden des Kreisprozesses Arbeit verrichteten, indem bei zwei Cylindern bei jeder Umdrehung, bei vier Cylindern (entsprechend der gewöhnlichen Dampfmaschine) sogar bei jeder halben Umdrehung der Kurbelwelle eine Explosion stattfand.

Die Maschinen mit vier Cylinder sind jedoch ausserordentlich selten und nur für Leistungen über 50 PS. ausgeführt worden, während die

Zwillingsmaschinen schon von 4 PS. an sehr gebräuchlich sind und sehr gute Resultate geben.

Das zweite Mittel, um den Gang der einfachwirkenden, mit Verdichtung arbeitenden Maschinen gleichmässiger zu machen und den Einfluss des Schwungrades zu verringern, bestand in der Anwendung besonderer Kompressionspumpen, welche das Gemisch in den Cylinder schaffen.

Hierdurch erhält man bei einem Arbeitscylinder bei jeder Umdrehung, bei zwei Arbeitscylindern bei jeder halben Umdrehung eine Explosion.

Ein Hauptgrund für den vortheilhaften Gang der einfachwirkenden Maschinen liegt noch in der Abkühlung der inneren Cylinderwandungen und der einen Kolbenfläche durch die atmosphärische Luft, da die eine Cylinderseite offen sein kann.

Allerdings bietet diese Anordnung auch wieder den Nachtheil, dass Staub in den Cylinder gelangen kann, wodurch der letztere verschmutzt und stark abgenutzt wird.

Verschiedene Erbauer machen von der Anordnung des an der Vorderseite offenen Cylinders Gebrauch, um den Kolben zugleich zur Gradführung zu benutzen. Die Vor- und Nachtheile dieser Ausführung sind bereits hervorgehoben worden.

Bei verschiedenen Maschinen, welche bei jeder Umdrehung eine Explosion ausführen, dient die vordere Cylinderhälfte als Kompressionspumpe, in welchem Falle die Maschine jedoch eine besondere Gradführung erhalten muss.

Die zuerst angesaugte und sodann wieder verdrängte Luft oder die angesaugte Ladung kühlt die Cylinderwandungen ebenso wie bei den oben erwähnten einfachwirkenden, offenen Maschinen ab.

Diese Luft- oder Mischungsmenge vermehrt auch noch die Gleichmässigkeit des Ganges, indem sie im Augenblick der Explosion ein Luftkissen bildet und dadurch die Heftigkeit des Stosses verringert.

Man kann wohl die Behauptung aufstellen, dass die einfachwirkenden Maschinen gegenwärtig fast ausschliesslich in Gebrauch sind. Soll ein möglichst gleichmässiger Gang erzielt werden, so werden mehrcylindrische Maschinen dieser Art angewandt.

Von einigen besonderen Gesichtspunkten aus betrachtet lassen sich die Gasmaschinen, ob stehend oder liegend, einfach oder doppeltwirkend, noch in die drei folgenden besonderen Gruppen zerlegen:

1. Maschinen mit Verdichtung der Ladung und vollkommener Expansion,
2. kombinirte Gas- und Dampfmaschinen und
3. Gasmaschinen mit Bewegungsumkehr oder mit Umsteuerung.

Maschinen mit Verdichtung und vollkommener Expansion.

In Fig. 12 stellt A das Diagramm einer Otto'schen Gasmaschine der ersten Gruppe der zweiten Klasse dar, wobei die Linie ab die Periode des Ansaugens bei nahezu atmosphärischem Drucke, bc die Kompressions-

periode, ed die Explosionsperiode, df die Expansionsperiode und fa die Auspuffperiode markirt. Man erkennt sofort, dass die Oeffnung des Auslassventils bei e zu früh erfolgt, indem der Druck im Cylinder noch nahezu 4 Atm. beträgt, wodurch ein erheblicher Gegendruck beim Rückgange des Kolbens erzeugt wird.

Wäre dagegen die Expansion bis auf einen Enddruck ausgedehnt, welcher nahezu gleich dem äusseren Luftdrucke ist, so wäre der Gegendruck sehr

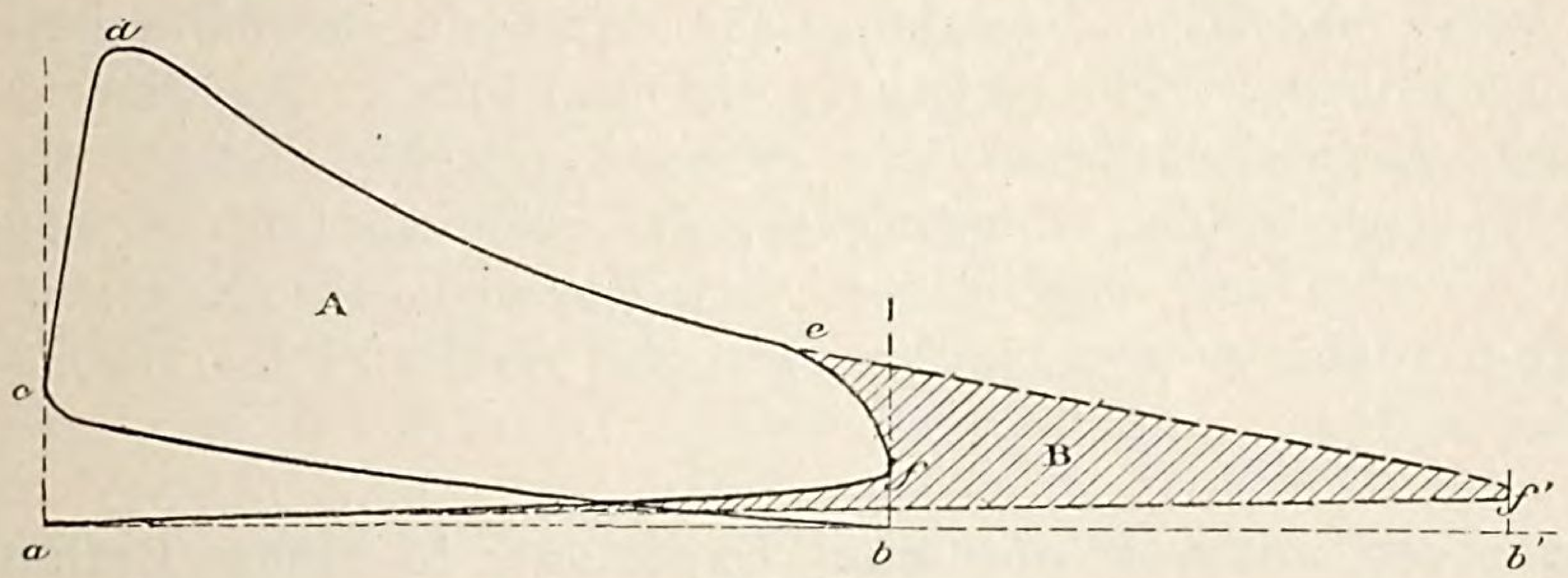


Fig. 12.

gering und würde man eine Vergrösserung der Arbeitsfläche um die (schrägschraffirte) Fläche B erhalten, da die Expansionskurve bis f′ verlaufen würde. Diese Erweiterung der Expansion würde zweifellos den Wirkungsgrad vergrössern, den Gasverbrauch der Maschine ~~aber~~ verkleinern.

Verbundgasmaschinen.

Um den Zweck der erweiterten Expansion zu erreichen und dadurch den Wirkungsgrad der Maschine zu vergrössern, versuchte Otto zuerst im Jahre 1879 das Prinzip der Expansion in zwei Cylindern, welches bei Dampfmaschinen so vortheilhaft zur Anwendung gekommen ist, auch bei Gasmaschinen auszuführen. Otto wollte also die durch die Fläche A, Fig. 12, repräsentirte Arbeit in dem einen, die der Fläche B entsprechende Arbeit in einem zweiten Cylinder gewinnen.

Seine Maschine war der Zweicylinderverbundmaschine nachgebildet, deren einer Cylinder sich in der Expansionsperiode befinden sollte, während der andere ansaugte. Zwischen diesen beiden Hochdruck-Cylindern befand sich ein dritter, einfachwirkender Cylinder, der sogenannte Expansions-Cylinder, dessen Kolben in entgegengesetztem Sinne wie die beiden anderen lief, und von den Verbrennungs-Gasen einer der beiden, mit ihm in Verbindung gesetzten Cylinder getrieben wurde.

Leider ergab aber diese Maschine, welche zwar einen ruhigen und gleichmässigen Gang hatte, nicht die auf Grund der Theorie zu erwartenden Vortheile. Der Grund hierfür lag in dem Einflusse der Cylinderwandungen und der Vergrösserung der Reibungswiderstände durch die neu hinzugekommenen bewegten Theile, wodurch der Arbeitsgewinn (Fläche B, Fig. 12) wieder ausgeglichen wurde.

Versuche, welche von Clerk, Niel, Lindley und in neuester Zeit von Forest mit 2- und 4-Cylindermaschinen, welche meist noch komplizirter als die Otto'sche Maschine waren, nach dieser Richtung hin angestellt wurden, ergaben keine besseren Resultate, sodass die Verbundgasmaschinen gegenwärtig vollkommen fallen gelassen sind.

Damit dieselben irgend welchen Vortheil bieten könnten, müsste nach Otto's Ansicht der Enddruck im Hochdruckcylinder so gross sein, dass der Niederdruck- oder Expansionscylinder für sich allein die Hälfte der ganzen Maschinenleistung verrichten könnte. Nur dann wäre einige Ersparniss, ein ruhigerer und gleichmässigerer Gang zu erwarten, welche Vortheile die Nachtheile der komplizirteren Konstruktion, des grösseren Umfanges und Gewichtes der Maschine einigermassen auszugleichen im Stande wären. Aber auch dann würden sie nur für Maschinen über 4 oder 5 PS. vortheilhaft anzuwenden sein.

Maschinen mit vollkommener Expansion in einem Cylinder.

Schon vor dem Misserfolg der Verbundmaschine war man, durchdrungen von dem Werthe, den die vollkommene Ausführung der Expansion für den Wirkungsgrad der Gasmaschine besitzt, bestrebt, dieselbe in einem einzigen Cylinder zu ermöglichen, also an Stelle der Arbeit A (Fig. 12) die Arbeit A + B zu gewinnen.

Zu diesem Zwecke genügte es, entweder den Cylinderinhalt zu vergrössern ohne das angesaugte Volumen zu verändern, oder umgekehrt bei unverändertem Cylinderinhalt eine kleinere Ladung anzusaugen.

Im letzteren Falle besteht das einfachste Mittel zur Erreichung dieses Zieles darin, das Einsaugen der Füllung bereits etwas vor beendigtem Kolbenhub zu beenden. Dies geschieht auch bereits bei den meisten neueren Maschinen, wie im Folgenden aus den Diagrammen derselben zu ersehen sein wird. Hierdurch wird die Expansion bedeutend vergrössert, indessen gestattet die im Cylinder entstehende theilweise Luftverdünnung nicht, das Einsaugen genügend weit vor der Endstellung des Kolbens zu beendigen, um dadurch eine ganz vollständige Expansion zu erhalten.

Trotzdem waren die erzielten Resultate schon sehr befriedigend, da der Gasverbrauch dank dieser Einrichtung bei Maschinen unter 10 eff. PS. auf weniger als 700 l für 1 St. PS. sank. Diese wesentliche Vergrösserung des Wirkungsgrades hat ihren Grund darin, dass die schädlichen Widerstände und der Einfluss der Cylinderwandungen nahezu unverändert bleiben, die Vermehrung der Arbeit in Folge der erweiterten Expansion also fast vollständig gewonnen wird. Wollte man jedoch die Expansion noch weiter treiben, so müsste man die gegenwärtig gebräuchlichen Maschinen abändern. Die Expansion würde dadurch allerdings noch vortheilhafter und die gewonnene Arbeit noch grösser werden, allein, wie man später sehen wird, würde in Folge der beträchtlichen Steigerung der Widerstände der Maschine der früher er-

zielte Vortheil verschwinden und der Gasverbrauch nicht unter den der vorhergehenden Maschinen sinken.

Zwei Maschinen mit vollkommener Expansion seien hier erwähnt: Die Maschine von Atkinson und diejenige von Charon.

Bei der ersteren ist der Arbeitsprozess genau derselbe wie bei der Otto-schen Viertaktmaschine, nämlich Ansaugen, Verdichten, Arbeitsverrichtung, Auspuff. Dagegen ermöglicht eine eigenartige Verbindung zwischen dem Kolben und der Kurbelwelle eine Verschiedenheit der vier Kolbenhübe. Indem nämlich der Kolbenhub beim Ansaugen nur ungefähr halb so gross ist, als der Hub während der Arbeitsperiode, ist auch das angesaugte Mischungsvolumen nur ungefähr halb so gross als der Cylinderinhalt, wodurch eine vollkommene Expansion möglich ist.

Leider ist jedoch die besprochene Verbindung zwischen Kolben und Kurbel ziemlich komplizirt, verbraucht daher ziemlich viel Arbeit und hebt so den Vortheil der erweiterten Expansion zum grossen Theil wieder auf.

Trotzdem haben neuere Versuche mit einer ca. 10pferdigen Atkinson-schen Maschine einen Gasverbrauch von nur 618 l für 1 eff. St. PS. ergeben.

Dieser indessen nur wenig günstigere Werth als bei Maschinen mit unvollkommen erweiterter Expansion erklärt sich aus dem schlechten mechanischen Wirkungsgrad der Maschine oder den grossen inneren Widerständen.

Die Maschine von Charon dagegen bestätigt das über die erweiterte Expansion Gesagte vollkommen. Zu Beginn des Jahres 1889 hat A. Witz eine Maschine dieses Systems von ungefähr 4 PS. untersucht, wobei der Gasverbrauch nicht mehr als 550 l für 1 St. PS. betrug, also geringer als bei irgend einer anderen Maschine war. In das Kühlwasser (auf 0^0 und 760 mm Barometerstand bezogen) gingen dabei nur 19% der gesammten entwickelten Wärme über.

Dieses ausserordentlich günstige Ergebniss zeigt, dass bei einer geringen Zunahme der Leergangsarbeit die Ausnutzung des grössten Theils der durch das Diagramm B (Fig. 12) repräsentirten Arbeit möglich ist, wobei sich noch der Vortheil einer besseren Regulirfähigkeit durch Veränderung der Expansion ergiebt. Wie weiter unten gezeigt werden wird, saugt diese Maschine zu Anfang eine dem Cylinderinhalt gleiche Mischungsmenge an, wovon sie einen Theil wieder in einen besonderen Behälter austreibt. In Folge dessen ist das thatsächliche Admissionsvolumen kleiner als der Cylinderinhalt, ausserdem aber veränderlich durch die Einwirkung des durch die Geschwindigkeit der Maschine beeinflussten Regulators. Hieraus folgt, dass die Kraft der Explosion veränderlich und der Geschwindigkeit der Maschine umgekehrt proportional ist. Die Expansion ihrerseits ist immer vollständig, während die Kompression etwas schwankt, jedoch innerhalb der für den Gang der Maschine vortheilhaften Grenzen bleibt. Diese Regulirung durch veränderliche Expansion hat grossen Einfluss auf den Nutzeffekt und den Gang der Maschine. Es wird in der Folge gezeigt werden, dass sie am vortheilhaftesten ist. Kurzgesagt giebt eine Maschine mit hoher Kompression und vollständiger Ex-

pansion ausgezeichnete Resultate, wenn sie eine einfache Konstruktion und einen grossen mechanischen Wirkungsgrad hat.

Der Gasverbrauch sinkt sogar noch mehr, während die Regulirfähigkeit noch wächst, wenn die Expansion durch den Regulator veränderlich gemacht wird, die Kompression dagegen nahezu dieselbe bleibt.

Gasdampfmaschinen.

Diejenigen Wärmekraftmaschinen, bei welchen das Wärmegefälle am grössten ist, sind bekanntlich die Gasmaschinen. Es ist jedoch bekannt, dass in Folge der grossen Verluste durch die Temperatur der abziehenden Gase und die Abkühlung durch die Cylinderwandungen in Wirklichkeit nicht mehr als $^1/_3$ der disponiblen Wärme ausgenutzt werden kann, während der grösste Theil der entwickelten Wärme im Kühlwasser und den Abgasen verloren geht. Da die Gasmaschinen trotz dieser Unvollkommenheit in vielen Fällen den Kampf mit den Dampfmaschinen mit Erfolg aufgenommen haben und ihre Ueberlegenheit über die letzteren gesichert wäre, wenn es gelingen würde, die Wärmeverluste zu verringern, so war es natürlich, dass der erfinderische Geist bestrebt war, Mittel und Wege ausfindig zu machen die durch die Abgase und das Kühlwasser verlorene Wärme wieder nutzbar zu machen.

Es wurde bereits erwähnt, wie man zunächst versucht hat, die Expansion zu erweitern.

Andere haben vorgeschlagen, die durch die Cylinderwände und die Abgase verlorene Wärme nutzbar zu machen, um eine gewisse Dampfmenge zu entwickeln und dieselbe in dem Explosionscylinder selbst oder in einem besonderen Dampfcylinder Arbeit verrichten zu lassen. Im ersten Falle dient der Dampf zur Verdünnung des Gemisches, was jedoch überflüssig ist, da die Luft oder die Abgase selbst diese Aufgabe zur Genüge erfüllen. Ausserdem wirkt der Dampf allerdings noch durch seinen Druck und dient zur Schmierung des Cylinders.

Wirkt der Dampf in einem besonderen Cylinder, so hat man es einfach mit einer zusammengesetzten Maschine zu thun, deren einer Cylinder durch Gas, der andere durch Dampf betrieben wird.

Es ist leicht einzusehen, wie gross der Vortheil sein müsste, den man durch Nutzbarmachung der verlorenen Wärmemengen erreichen würde, aber leider haben die bisher zu diesem Zwecke mit Wasserdampf angestellten Versuche keine befriedigenden Resultate ergeben.

Man befindet sich hierbei in der gleichen Lage, wie bei den Maschinen mit vollständiger Expansion.

Um den Nutzeffekt wesentlich zu erhöhen, müsste der Kraftgewinn, den man durch den Dampf erzielen könnte, ungefähr die Hälfte der ganzen Kraft der Maschine sein, wenn nicht die neu hinzu kommenden Reibungen und die verschiedenen anderen Verluste den erzielten Gewinn wesent-

lich beeinträchtigen sollten. Andernfalls wäre der Gewinn so klein, dass er zu der umständlichen Bauart der Maschine in keinem Verhältniss stände.

In den meisten Fällen ist der entwickelte Dampf Wasserdampf.

Hierher gehören die Maschinen von Simon, Laurent, Northcoot u. A.

Bei der ersten dieser Maschinen wird der Dampf in einem Kessel entwickelt, welcher den Arbeitscylinder umhüllt und mit einer Anzahl von Röhren versehen ist, durch welche die Abgase entweichen. Dieser Dampf dient in dem Gascylinder selbst zur Verdünnung des Gemisches und zur Schmierung, und wirkt zugleich arbeitverrichtend durch seine Expansion.

Diese weitaus einfachste und praktischste Maschine dieser Art wurde im Jahre 1878 bekannt, gab jedoch kein irgend wie besseres Resultat als die zu gleicher Zeit gebauten Otto'schen Gasmaschinen.

Die Versuchsergebnisse eines solchen 5pferdigen Simon'schen Motors waren folgende:

Tourenzahl in der Minute	136
Bremsleistung	4,20 PS.
mechanischer Wirkungsgrad	75 %
Gasverbrauch für 1 eff. St. PS.	1,420 cbm.

Der Durchmesser des Arbeitscylinders dieser Maschine war 0,235 m, der Kolbenhub 0,4 m und der mittlere nutzbare Kolbendruck ca. 1,550 kg/qcm.

Bei der Maschine von Northcoot wird der Dampfdruck nutzbar gemacht, indem derselbe auf die, der Gasarbeits-Kolbenfläche entgegengesetzte Kolbenfläche wirkt. Bei der Maschine von Laurent wird ein Gemisch von Luft, Gas und Wasser auf der einen Cylinderseite angesaugt, beim Rückgang jedoch durch einen Vorwärmer hindurch auf die andere Cylinderseite geschafft.

Obgleich sehr geistreich ersonnen, haben alle diese Maschinen nicht den an sie gestellten Erwartungen entsprochen.

Allerdings stammen dieselben noch aus einer früheren Zeit, seit welcher die Gasmaschinen wesentlich verbessert worden sind.

Einige Erfinder haben den Wasserdampf durch die Dämpfe flüchtigerer Flüssigkeiten, so z. B. einer ammoniakhaltigen Lösung ersetzt. Obwohl manche Versuche nach dieser Richtung hin angestellt sind, so scheinen die Resultate doch nicht befriedigend ausgefallen zu sein.

Trotzdem liesse sich vielleicht mit den verhältnissmässig wenig untersuchten Gas-Dampfmaschinen noch etwas erreichen, namentlich mit irgend einer anderen Flüssigkeit als Wasser.

Umsteuerbare Gasmaschinen.

Unter der grossen Anzahl von Maschinen, welche seit dem Jahre 1860 bekannt geworden sind, findet man nur wenige, welche umgesteuert werden können.

Die Industrie bedarf dieser Art von Maschinen im Allgemeinen nicht, und da sie theuer und umständlich sind, so wendet man in Fällen, wo das

Bedürfniss einer Umkehr des Drehsinnes vorhanden ist, lieber besondere Mechanismen an, von welchen weiter unten noch die Rede sein wird.

Trotzdem versuchten um das Jahr 1883 verschiedene Erfinder Gasmaschinen mit Umkehrung der Drehbewegung zu erbauen. Hierher gehören die Maschinen von Fielding, Bull, Butcher u. A.

Bei der Maschine von Fielding wurde die Bewegungsumkehr durch ein besonderes Ventil erreicht. Die Maschine von Butcher war doppeltwirkend, und die Vertheilung erfolgte durch zwei Schieber. Zwei andere, besondere, durch eine Coulisse bewegte Schieber bewirkten die Umsteuerung.

Da in der letzten Zeit die Gasmaschinen auch für die Schifffahrt und den Landtransport angewandt worden sind, so ist das Bedürfniss nach Maschinen der hier besprochenen Art grösser geworden.

In neuester Zeit hat Forest eine für die Schifffahrt bestimmte Maschine mit selbstthätiger Umsteuerung konstruirt.

Sie ist nach dem Hammersystem gebaut und besitzt vier einfach wirkende, nebeneinander stehende Cylinder A B C D (Fig. 13). Die Kurbelwelle ist doppelt gekröpft nach G und H. Je zwei Cylinder sind mit einer dieser Kurbeln verbunden. So treiben die Cylinder A und B die Kurbel G, die Cylinder C und D die Kurbel H, welche um 180° gegen G versetzt ist. Hieraus folgt, dass die Kolben in A und B sinken, wenn die beiden anderen steigen. Die vier Cylinder sind nun derartig miteinander verbunden, dass jeder von ihnen sich in irgend einem der vier Stadien der Viertaktmaschine befindet.

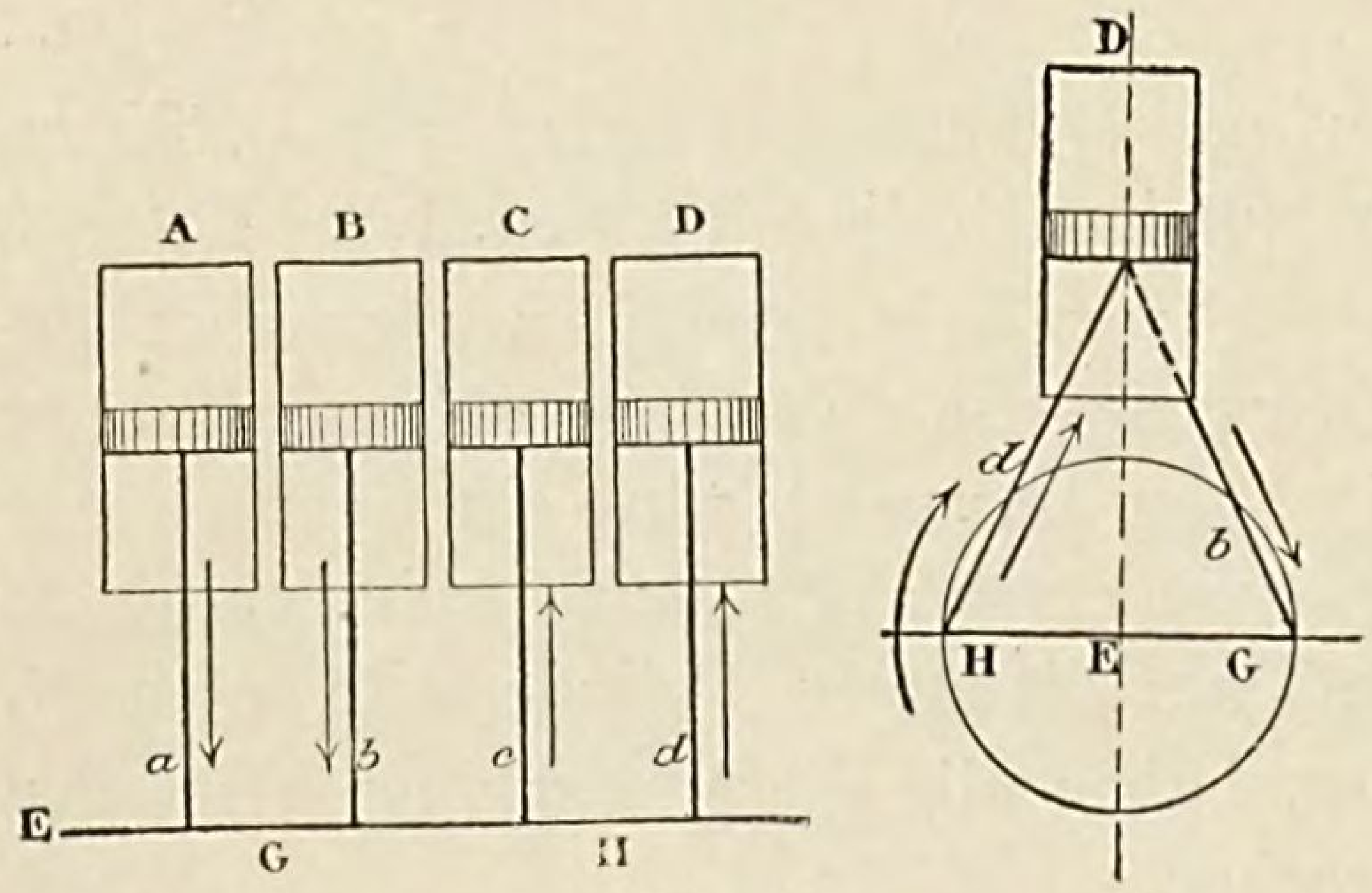


Fig. 13.

Angenommen es finde in A Explosion, in B Ansaugen, in C Kompression und in D Ausströmung statt und es werde bei der in Fig. 13 dargestellten Stellung der Kolben durch irgend welche Vorkehrung die Ladung im Cylinder C, in welchem Kompression stattfindet, gezündet und die Stellung der Vertheilungsschieber geändert, so wird der Bewegungssinn der Maschine sofort umgekehrt. Es wird dann in A Ausströmung, in B Kompression, in C Arbeitsleistung und in D Einsaugen stattfinden und so fort. Man sieht daraus, dass der Gang plötzlich selbstthätig umgesteuert werden kann. Hierzu ist allerdings erforderlich, dass die Kolben sich gerade in der Mittellage befinden. Die Umsteuerung selbst erfordert ferner nur eine gewisse Geschicklichkeit der Hand, welche man sich jedoch leicht aneignen kann.

Wird ferner die Maschine so stillgesetzt, dass alle Kolben in der Mittellage sind, so wird stets ein Cylinder vorhanden sein, welcher eine verdichtete Ladung enthält. Die Maschine kann sich dann selbstthätig in Gang setzen,

sobald nur in dem betreffenden Cylinder die Zündung erfolgt. Diese Maschine ist sehr geschickt ersonnen und kann der Schifffahrt, für welche sie ja auch vor allem bestimmt ist, noch grosse Dienste leisten.

Konstruktionseinzelheiten der Gasmaschinen.

1. Die Steuerung. Hierbei sollen im Allgemeinen diejenigen Theile der Maschine ihrer Gestalt und Wirkungsweise nach untersucht werden, deren Aufgabe darin besteht, den Cylinder mit den zur Explosion nöthigen Gasen zu laden und die Verbrennungsprodukte wieder auszulassen. Die Thätigkeit der hier zu betrachtenden Maschinentheile ist eine dreifache:

1. Bildung des Gemisches;
2. Einlass des Gemisches in den Cylinder;
3. Auslass der verbrannten Gase.

Die Bildung des Gemisches geschieht in einem besonderen Raum, dessen Lage und Form bei den einzelnen Systemen verschieden ist, in welchem die Mündungen des Luft- und Gasrohrs liegen und besondere Vorkehrungen vorhanden sind, um eine möglichst innige Mischung von Gas und Luft zu bewirken.

Die Luftleitung ist meistens in direkter Verbindung mit der äusseren Luft oder durch ein selbstthätiges Ventil abgeschlossen. Die Gasleitung dagegen ist fast immer der Regulirung durch einen von der Hand bewegten Hahn und ein zweites, vom Regulator beeinflusstes Organ, das Gasventil, unterworfen. Hierdurch wird das Gas-Mischungsverhältniss der Ladung und somit auch die Geschwindigkeit der Maschine regulirt. Diese Frage wird weiter unten in einem besonderen, von der Regulirung handelnden Abschnitt eingehender behandelt werden.

Die Kammer, in der sich die Mischung bildet, ist sehr verschiedenartig. Sie kann entweder sehr klein sein, in welchem Falle sie in einem der Steuerungstheile selbst gelegen und mit diesem beweglich ist oder sie kann sehr geräumig und feststehend sein, und entweder den Cylinder einer besonderen Kompressionspumpe bilden oder endlich im Arbeitscylinder selbst liegen. Das einmal gebildete Gemisch gelangt in den Cylinder, wo es, je nach dem System der Maschine, entweder sofort entzündet oder erst noch verdichtet werden kann.

Das Eindringen des Gases in den Mischraum und hierauf des Gemisches in den Cylinder kann entweder durch Ansaugen oder durch Drücken bewirkt werden. Im ersten, weitaus gebräuchlichsten Fall, erzeugt der Arbeitskolben, wenn er aus seiner Endstellung vorwärts geht, eine theilweise Druckverminderung, worauf die Abschlussorgane der Luft und Gaswege sich entweder selbstthätig öffnen oder durch Mechanismen geöffnet werden und die Gase durch den Mischraum hindurch in den Cylinder eindringen.

Im zweiten Falle besitzt die Maschine eine Verdichtungspumpe, welche die Luft und das Gas ansaugt, das erzeugte Gemisch in den Arbeitscylinder drückt und zugleich die Rolle der Mischkammer der anderen Systeme spielt.

Bei wieder anderen Systemen mischt sich die, durch je eine besondere Pumpe zugeführte Luft und das Gas in einem zum Cylinder führenden Rohr.

Es kommt ferner zuweilen vor, dass die Reihenfolge, welche oben für die beiden ersten Prozesse gegeben wurde, umgekehrt wird. In diesem Falle spielt der Cylinder selbst die Rolle der Mischkammer. Die Luft und das Gas gelangen direkt und zwar getrennt in denselben (sei es durch Ansaugen oder durch Druck) und werden erst dort gemischt.

Was die Ausströmung anbetrifft, so kommt es darauf an, mit Hülfe eines selbstthätigen oder mechanisch bewegten Abschlussorgans in einem gegebenen Augenblick eine Verbindung zwischen dem mit den Verbrennungsprodukten angefüllten Cylinder und der äusseren Luft herzustellen und die Abgase in die letztere, sei es mit Hülfe des Arbeitskolbens bei seinem Rückgang, sei es mit Hülfe des, durch eine besondere Druckpumpe unter Druck in den Cylinder eingeführten, neuen Gemisches hinauszuschaffen. Abgesehen von einigen Maschinen ohne Kompression wie denjenigen von Otto und Langen, Bisshop, Forest etc. werden sowohl die beiden ersteren Thätigkeiten als auch die letztere meistens durch getrennte Organe verrichtet.

Werden sie jedoch durch ein und dasselbe Organ ausgeführt, so dient hierzu meistens ein Schieber, welcher in vielen Fällen gleichzeitig auch die Zündung vermittelt, wie z. B. bei Otto-Langen und Forest. Man erhält dadurch allerdings ein sehr einfaches und wenig umständliches, aber schwer zu unterhaltendes und der Verschmutzung und Erhitzung sehr stark ausgesetztes Organ. Um diese Nachtheile zu vermeiden, hat man bei der Mehrzahl der Maschinen lieber vorgezogen, den Auspuff durch ein besonderes Abschlussorgan zu bedienen.

Bei der ersten Maschine von Lenoir diente hierzu ein Schieber, jedoch auch dieser erwies sich als unpraktisch und wurde durch ein Ventil ersetzt. Das letztere ist sehr einfach, widersteht den hohen Temperaturen, welchen es ausgesetzt ist, sehr gut, ist leicht zugänglich, gut zu unterhalten und nöthigenfalls mit Leichtigkeit und ohne grosse Unkosten zu repariren und auszuwechseln. Die Auspuffventile werden meistens durch, von Hebedaumen bewegte Hebel bedient und sitzen gewöhnlich über dem Verdichtungsraum. Bei einer bestimmten Anzahl von Maschinen mit Verdichtung, bei welchen bei jeder Umdrehung eine Explosion stattfindet, fehlt das Auspuffventil vollständig und erfolgt die Ausströmung durch eine Oeffnung im Cylinder, welche nahe der äussersten Stellung des Kolbens liegt und geöffnet wird, sobald der Kolben sich seiner äussersten Stellung nähert.

Die Einlassorgane sind entweder Schieber oder Ventile. Die Schieber kommen in drei Formen vor: flach, cylindrisch und konisch. Die beiden ersten Arten können eine hin- und hergehende, die beiden letzteren eine fortlaufend drehende Bewegung haben.

Am meisten gebräuchlich sind die Flachschieber mit hin- und hergehender Bewegung. Sie werden aus hartem, möglichst gleichmässigem Gusseisen hergestellt und gleiten zwischen einer an der Hinterwand des Cylinders be-

festigten und sauber abgeschliffenen Platte und einer Gegenplatte, welche an der ersteren Platte durch Stehbolzen befestigt ist.

Um die Verbindung elastisch zu machen, werden Schraubenfedern zwischen die Gegenplatte und die Schraubenmuttern gelegt. Zuweilen sind die Schieber auch an der Seite der Cylinder angebracht. Im Schieber befindet sich die Mischkammer, welche sich im Moment, wo sie mit dem Cylinder in Verbindung tritt, durch besondere Oeffnungen mit Gas und Luft füllt.

Das Gas mischt sich, indem es meistens durch eine Reihe kleiner Oeffnungen einströmt, mit der Luft, und wird durch diese Anordnung eine sehr innige Mischung bewirkt.

Bei einer grossen Anzahl von Maschinen dient der Schieber auch zugleich zur Zündung, welche durch dieselbe Cylinderöffnung geschieht, durch welche die Einströmung des Gemisches erfolgt.

Flachschieber mit hin- und hergehender Bewegung besitzen die Maschinen von: Lenoir, Otto und Langen, Bénier, Forest, Otto, der Simplex-Motor u. A.

Die Flachschieber mit hin- und hergehender Bewegung sind, wie soeben erwähnt wurde, die verbreitetsten aller Schieber. Sie sind verhältnissmässig einfach, klein, leicht zu bewegen, dagegen schwierig zu unterhalten, besonders wenn sie, wie in der Mehrzahl der Fälle, auch zur Flammenzündung dienen. Sie erhitzen sich, verstopfen sich, fressen sich ein und werden durch das kleinste Sandkorn ausser Thätigkeit gesetzt oder erfordern eine kostspielige Reparatur.

Diese unter dem Namen des „Abrichtens“ (Dressage) bekannte Reparatur ist indessen sowieso in gewissen Zeiträumen, welche zwischen $^1/_2$ und 1 Jahr schwanken, nothwendig.

Diese zahlreichen Nachtheile bewirken, dass die Schieber trotz ihrer vielen Vortheile und Anhänger allmählich aus der Praxis zu verschwinden scheinen und durch Ventile ersetzt werden.

Neue Maschinen werden grösstentheils nur noch mit Ventilen gebaut und auch viele ältere Maschinen sind durch Umwandlung der Schieber in Ventile vervollkommnet worden.

Es sei hier gleich bemerkt, dass die obige Aufzählung der Gasmaschinensysteme mit hin- und hergehendem Schieber hauptsächlich ältere Maschinen ohne Kompression enthält.

Es wird ferner in der Folge gezeigt werden, dass auch die neuesten Otto'schen Maschinen für kleinere Leistungen oder zum Betriebe durch karburirte Luft keine Schieber mehr besitzen, und dass die Firma Gebr. Crossley & Co., die englische Inhaberin des Otto'schen Patentes, versucht hat, die Bedeutung des Schiebers mehr und mehr zu verringern und schliesslich dahin gelangt ist, denselben durch ein Einlassventil zu ersetzen, während die Zündung durch ein Glührohr erfolgt.

Die cylindrischen Schieber mit Hin- und Herbewegung sind einfach, billig und leichter zu bewegen und abzudichten als die vorhergehenden, da-

gegen verschmutzen, erhitzen und fressen sich dieselben noch rascher ein und halten weniger dicht als die ersteren. Ausserdem kann man kein Nachstellen und Ausgleichen der Abnutzung bei ihnen vornehmen, sodass man nach kurzer Zeit gezwungen ist, neue Schieber einzusetzen. Um diesem Nachtheil abzuhelfen, hat man diese Schieber aus zwei konzentrischen Theilen zusammengesetzt, um nur den äusseren Ring auswechseln zu müssen.

Gegenwärtig sind die cylindrischen Schieber mit Hin- und Herbewegung gänzlich verschwunden. Eine Anwendung derselben findet sich freilich noch bei dem alten Bischopp'schen Gasmotor, welcher noch im Handel ist.

Die Drehschieber oder Schieber mit fortwährend gleichbleibender Drehrichtung sind sehr einfach und billig, leicht zu entlasten und zu bewegen, wogegen sie schwer dichtzuhalten sind, sich leicht einfressen, erhitzen und rasch abnutzen.

Die cylindrischen Drehschieber haben niemals eine grosse Rolle gespielt, wogegen die konischen Drehschieber oder Hähne, dank der Möglichkeit einer leichten Nachstellung bei erfolgter Abnutzung, viel angewandt worden sind. Trotzdem findet man auch sie seit längerer Zeit nicht mehr in der Praxis.

Auf der Ausstellung zu Paris im Jahre 1889 besass eine Kompressionsmaschine von Niel noch einen solchen Hahn und schien gute Resultate zu geben.

Das Zusammenfallen des Auftauchens dieser Maschine mit der Dampfmaschine von Biétrix mit konischen Dampfschiebern, welche sehr gut zu arbeiten schienen, liess vermuthen, dass die Hahnsteuerungen besser wären, als man bis dahin angenommen hatte.

Es ist nicht zu verwundern, dass ein zu einer anderen Zeit nicht besonders gut erprobter Apparat später wieder aufgenommen worden ist, da die angewandten Materialien und die Art und Weise der Bearbeitung eine wichtige Rolle spielen und wohl bewirken können, dass eine zeitweise verlassene Konstruktion einige Zeit darauf grossen Erfolg haben kann. Zu bemerken ist hierbei noch, dass der Drehhahn von Niel auf eine sehr geschickte Weise entlastet und daher der Abnutzung weniger unterworfen war.

Die gegenwärtig weitaus am meisten verbreiteten Steuerungs-Organe sind die Ventile, welche nicht nur bei den Dampfmaschinen schon sehr gute Resultate ergeben haben, sondern auch bereits für die Gasmaschinen vortreffliche Dienste leisten.

Wie bereits erwähnt, sind dieselben klein, einfach, billig herzustellen, sehr widerstandsfähig gegen hohe Temperaturen, lassen sich ferner bequem herausnehmen, nachsehen und leicht und billig repariren.

Ausserdem ist ihre Bewegung vom kinematischen Standpunkte aus betrachtet die denkbar einfachste und kann man dieselbe mit der grössten Leichtigkeit mit Hilfe geeigneter Daumen ausführen.

Die Einströmventile sind der Mehrzahl nach selbstthätig. Die Luft und das Gas können auf verschiedene Weise zugeführt werden, jedoch findet stets eine Mischung derselben in einer Kammer statt, welche durch ein selbst-

thätiges Ventil nach dem Cylinder zu abgeschlossen ist, das entweder durch die Druckverminderung im Cylinder beim Ansaugen oder durch den Ueberdruck der Gase geöffnet wird.

Sowohl die Einlass- als auch die Auspuffventile sind aus Eisen, die Sitze und Ventilgehäuse dagegen aus Rothguss. Das Auspuff-Ventilgehäuse ist meistens durch Wassercirkulation gekühlt. Als Federn werden meistens Spiralfedern angewandt und ausserhalb angebracht, um nicht zu verbrennen.

2. Die Regulirung. Im Vorhergehenden wurde erläutert, wie und mit Hilfe welcher Organe der Cylinder mit der entzündbaren Mischung geladen wird. Es fragt sich nun, wie man diese Ladung derartig regulirt, dass die Maschine regelmässig arbeitet und eine Leistung verrichtet, welche der jeweilig erforderlichen gleich ist.

Bei den ältesten Gasmaschinen hatte man diese Frage nicht weiter berücksichtigt. Da diese Maschinen nur eine geringe Leistung besassen, so genügte eine Regulirung von der Hand am Gasventil und ein starkes Schwungrad für die doppeltwirkenden und gemischten Maschinen. Bei den atmosphärischen Maschinen sind alle Versuche, ihren Gang zu reguliren, gescheitert.

Mit der Anwendung der Kompression bei den Gasmaschinen aber wurde die Explosion derartig verstärkt, dass eine selbstthätige Regulirung nothwendig wurde.

Verschiedene Mittel wurden hierzu in Vorschlag gebracht, von welchen die hauptsächlichsten besprochen werden sollen.

Die erste Methode, welche zu erwähnen ist, besteht in dem gänzlichen Abschluss der Gaszuströmung. Hierbei strömen die Luft und das Gas so lange in den Cylinder, wo sie verdichtet und entzündet werden, als die Tourenzahl der Maschine kleiner oder gleich der normalen Tourenzahl ist. Steigt jedoch die Geschwindigkeit der Maschine über diese normale Geschwindigkeit, so wird der Gaszufluss abgesperrt, die Luft strömt allein in den Cylinder ein, und es findet so lange keine Explosion statt, bis die Tourenzahl wieder gleich oder kleiner als die normale Tourenzahl ist.

Verschiedene Methoden haben hierbei Anwendung gefunden, um bei wachsender Geschwindigkeit den Gaszufluss abzuschliessen.

In den meisten Fällen ist das Gasrohr durch ein Ventil geschlossen, welches durch einen bestimmten Mechanismus im geeigneten Moment geöffnet wird. Dieser Mechanismus ist der Einwirkung des Regulators ausgesetzt, welcher bei zu grosser Geschwindigkeit eine Verschiebung des Mechanismus bewirkt, wodurch eine Einwirkung desselben auf das Gasventil, also auch eine Gaszuströmung verhindert wird.

Die Gasventile zeigen wenige Abweichungen in ihrer Konstruktion, der Unterschied der verschiedenen Regulirvorrichtungen liegt vielmehr in dem angewandten Regulator und der Art und Weise der Einwirkung desselben auf das Gasventil. Diese letztere ist fast bei jeder Gasmaschine eine andere.

In einigen Fällen wird das Ventil im gewünschten Moment durch einen Nocken oder Daumen und einen Hebel geöffnet, und bewirkt der Regulator

beim Ueberhandnehmen der Geschwindigkeit eine Verschiebung dieses Daumens, sodass der Hebel und das Ventil nicht mehr bewegt werden.

In anderen Fällen schwingt der Hebel, welcher das Ventil heben soll, um einen Drehpunkt, welcher der Einwirkung des Regulators unterworfen ist.

Andere erreichen die gänzliche Absperrung der Gaszufuhr durch Einwirkung auf das Auspuffventil.

In diesen Fällen hält der Regulator bei zu raschem Gang der Maschine das Auspuffventil mit Hilfe irgend welcher Mechanismen so lange offen, als die Maschine noch zu rasch läuft. Bei diesen Maschinen ist das Einlassventil selbstthätig, sodass es sich nur in Folge eines gewissen Vakuums im Cylinder öffnen kann, welches der Kolben bei seinem Ausgange aus dem Cylinder bewirkt. Bleibt jedoch das Auspuffventil offen, so kann keine Luftverdünnung im Cylinder entstehen, das Einlassventil sich also auch nicht öffnen und kein Gasgemisch in den Cylinder gelangen.

Es findet mithin ein vollständiges Aussetzen der Ladung statt, bis die Geschwindigkeit wieder so weit abnimmt, dass der Regulator das Auslassventil nicht mehr offen hält.

Diese Methode der Regulirung durch Aussetzung der Ladung ist bei den Viertakt-Kompressions-Maschinen am verbreitetsten. Sie hat jedoch den Nachtheil, nicht sehr wirksam zu sein und einen stossweisen Gang der Maschine zu verursachen. Ausserdem werden die Cylinderwandungen nach einigen Aussetzern durch den Zutritt der äusseren Luft so abgekühlt, dass in Folge dessen häufig langsame Zündungen und sogar Versager bei den ersten Ladungen stattfinden. Trotzdem hat diese Methode den Vortheil, einfach und praktisch zu sein. Die Methode der Regulirung durch Aussetzen der Ladung mit Hilfe eines besonderen Gasventils findet bei den Maschinen von Otto, Lenoir, Noel, Niel, Griffin, Atkinson, dem Simplex-Motor u. s. w. Anwendung.

Die zweite Methode der Aussetzung der Ladung durch Offenhalten des Auslassventils findet, wie bereits mitgetheilt, nur bei solchen Maschinen statt, welche mit einem selbstthätigen Einlassventil versehen sind. Sowohl diese Maschinen im Ganzen als auch besonders ihre Regulirvorrichtungen sind ausserordentlich einfach, besitzen indessen den Nachtheil, die Verbrennungsgase, welche mit Staub, Oel und dergleichen verunreinigt sind, wieder in den Cylinder zurückzusaugen. Dafür sind sie seltener unvollkommenen Zündungen oder Versagern ausgesetzt, weil in Folge der höheren Temperatur der Verbrennungsprodukte die Cylinderwandungen keiner so starken Abkühlung unterworfen sind, wogegen der stossweise Gang bestehen bleibt. Maschinen dieser Art sind diejenigen von Körting und Tenting.

Eine andere Methode der Regulirung ist diejenige durch theilweises Absperren des Gases. Bei diesem Systeme ist die Maschine gleichfalls für eine bestimmte Tourenzahl ausregulirt und ist das Gasventil mehr oder weniger geöffnet, je nachdem die Geschwindigkeit kleiner oder grösser als die

normale Geschwindigkeit ist. Die Bewegung des Ventils erfolgt sehr einfach durch einen vom Regulator verschobenen Hebedaumen oder Keil von veränderlicher Dicke, wobei in verschiedenen Stellungen desselben das Ventil verschieden hoch gehoben wird und mehr oder weniger Gas einströmt. Zuweilen werden auch Gasventile angewandt, welche direkt vom Regulator gehoben und gesenkt werden.

Diese Methode findet bei verschiedenen Zweitakt-Kompressions-Maschinen, so bei den Maschinen von Benz und Ravel Anwendung, ist jedoch sonst wenig verbreitet.

Ist der Kraftbedarf ein ungleichmässiger, so bietet sie den Nachtheil, stellenweise so gasarme Mischungen zu liefern, dass langsame Zündungen und oft auch Versager stattfinden, die ganze Wirkungsweise der Maschine dann aber eine unvortheilhafte wird.

Bei ziemlich gleichmässigem Betriebe aber ist diese Methode günstig, da die bei der Explosion entwickelte Kraft dem zu überwindenden Widerstande entsprechend wächst und abnimmt, ausserdem aber deswegen vortheilhaft, weil die Schwankungen in der Geschwindigkeit der Maschine nicht so gross sind, dass die Ladung zu gasarm wird und sich nur schwer oder gar nicht entzündet.

Die Regulirung von Hand am Gasventil ist der Regulirung durch theilweises Absperren des Gases nachgeahmt. Nur ist die zugeführte Gasmenge nicht jeden Moment mit dem zu überwindenden Widerstand veränderlich, sondern konstant und ein- für allemal so bemessen, dass die Explosivkraft so weit als möglich der mittleren von der Maschine zu verrichtenden Leistung entspricht. Diese Methode der Regulirung fand bei den ältesten Maschinen statt, und wird gegenwärtig noch bei kleineren Maschinen verschiedener Systeme angewandt. Sie ist unabhängig von der Art der sonstigen Regulirung und wird auch bei solchen Maschinen angewandt, bei welchen auch die Zusammensetzung der Ladung regulirt wird.

Um die Regulirmethode durch theilweise Absperrung des Gasventils auf die Viertakt-Kompressions-Maschine anwenden zu können, findet sich dieselbe bei einigen Systemen mit der Methode des Aussetzens der Ladung kombinirt. Die Regulirung durch theilweisen Abschluss des Gasventils findet so lange statt, als die Geschwindigkeit der Maschine die normale Geschwindigkeit nur um einen gewissen Betrag übersteigt, welcher so bemessen ist, dass zwar das Gasgemisch der zu leistenden Arbeit noch entspricht, jedoch keine Gefahr einer langsamen und unvollkommenen Verbrennung oder gar eines Versagens vorhanden ist. Uebersteigt jedoch die Geschwindigkeit diesen Betrag, so findet vollständiger Abschluss der Gaszuströmung statt.

Die Mittel, deren man sich zur Erreichung dieser Regulirung bedient, sind im Allgemeinen dieselben wie die früher erwähnten, höchstens einigermassen den neuen Anforderungen angepasst.

Eine Regulirung der besprochenen Art besitzt die Maschine von Durand.

Eine Regulirmethode, welche im Prinzipe die vollkommenste ist, jedoch in der Praxis leider nicht immer richtig angewandt wird, ist diejenige durch Veränderung der Ladungsmenge.

Hierbei sind die Einlassöffnungen von Anfang an so bemessen, dass sie eine Gasmischung von bestimmter Zusammensetzung einlassen, deren Explosion für normalen Betrieb genügt. Es wird nun nicht die Zusammensetzung der Mischung, sondern das Admissionsvolumen regulirt. In Folge dessen giebt die zugeführte Ladung stets die grösstmögliche Leistung, welche der von der Maschine zu verrichtenden entspricht. Diese Regulirung ist somit zugleich zweckentsprechend und ökonomisch.

Verschiedene Mittel sind in der Praxis angewandt worden, um diese Regulirung auszuführen, welche jedoch alle bestimmte Nachtheile besitzen.

Bei verschiedenen Maschinen wird eine Ladung zugeführt, deren Menge der Zunahme der Geschwindigkeit umgekehrt proportional ist. Da jedoch im Cylinder bestimmte Mengen der Verbrennungsprodukte zurückbleiben, welche der Geschwindigkeit entsprechend wachsen und abnehmen, so ist klar, dass der Gasreichthum der Ladung um so geringer wird, je rascher die Maschine läuft.

Bei der Maschine von Charon wird die Veränderung der Ladungsmenge durch ein besonderes, den Cylinder von einem besonderen Sammelbehälter abschliessendes Ventil regulirt. Beim Ausgange des Kolbens wird durch dies Ventil hindurch eine Ladung gleich dem ganzen Cylinderinhalte eingesaugt, beim Rückgange des Kolbens jedoch vor dem Beginne der Kompression je nach der Geschwindigkeit der Maschine eine grössere oder kleinere Menge hiervon wieder in den Behälter zurückgeschafft, sodass die Ladungsmenge mit der Geschwindigkeit veränderlich ist. Aber auch die Kompression und das Mischungsverhältniss verändern sich hierbei, da der Verdichtungsraum konstanten Inhalt hat und mit einer stets gleichen Menge von Rückständen erfüllt ist. Indessen sind diese Veränderungen, da der Verdichtungsraum verhältnissmässig klein ist, meist von geringem Betrag und ohne starken Einfluss, wenn der Gang der Maschine ein ziemlich gleichmässiger ist.

Butcher hatte vorgeschlagen, die Ladungsmenge durch die vom Regulator bewirkte Veränderung des Kolbenhubes veränderlich zu machen, indessen ist diese Methode als zu komplizirt nicht weiter zur Anwendung gekommen.

Nachdem im Vorhergehenden die verschiedenen Methoden der Regulirung behandelt sind, sollen nun die hierzu angewandten Regulatoren besprochen werden. Dieselben unterscheiden sich im Allgemeinen nicht wesentlich von den bei Dampfmaschinen gebräuchlichen Regulatoren. Am meisten findet sich der Kugelregulator von Watt. Er arbeitet auf die Steuerungstheile meistens durch Vermittelung eines Zwischenhebels, welchen er entsprechend der Geschwindigkeitsänderung hebt oder senkt. Zuweilen ist dieser Hebel durch eine Stange ersetzt, welche sich in gleicher Weise hebt und senkt.

Die Federregulatoren, welche in den Schwungrädern, Riemenscheiben oder sonstigen Rädern sitzen und namentlich von den Amerikanern zuerst

mit Erfolg bei ihren raschlaufenden Dampfmaschinen angewandt wurden, finden sich gleichfalls bei einigen Maschinen, so z. B. denjenigen von Körting und Baldwin.

Bei der Besprechung des Simplex-Motors wird ein sehr einfacher, aber sehr gut arbeitender Regulator erwähnt werden. Bei derselben Maschine findet sich gleichfalls zuweilen ein Luftregulator nach folgendem Prinzip. Eine kleine, von der Maschine betriebene Luftpumpe saugt beim Ausgange des Kolbens eine bestimmte Luftmenge an, welche bei normaler Geschwindigkeit beim Rückgange durch die Eintrittsöffnung wieder vollständig verdrängt wird. Uebersteigt jedoch die Geschwindigkeit die normale Geschwindigkeit der Maschine, für welche sie ausregulirt ist, so wird durch Verengung der Austrittsöffnung die Luft komprimirt und hierdurch ein anderes Ventil gehoben, dessen Stange dann auf die Regulirvorrichtung der Maschine wirkt. Bei einer anderen Klasse von Maschinen, wie z. B. den Maschinen von Otto, Crossley und Niel, finden sich kleine, einfache und sehr wirksame Regulatoren mit Gegengewichten und Federn. Dieselben verengen bei wachsender Geschwindigkeit die Gaseinströmungsöffnung bezw. schliessen sie vollständig ab.

Bei einigen Maschinen, speziell solchen für elektrische Beleuchtung, finden sich elektrische Regulatoren, welche übrigens eben so gut bei Dampfmaschinen Anwendung finden können.

Dieselben zerfallen in zwei Klassen, je nachdem sie entweder die Geschwindigkeit der Maschine konstant erhalten, wie stark auch der erzeugte Strom ist, oder die Geschwindigkeit der Maschine ändern, um den Strom konstant zu erhalten. Die Regulatoren der ersteren Art sind gewöhnliche Kugelregulatoren, Gewichtsregulatoren, Regulatoren mit einer Druckpumpe oder dergl., bei welchen die Elektricität nur zur Uebertragung angewandt wird, während diejenigen der zweiten Art im wahren Sinne des Wortes elektrische Regulatoren sind. Diese Apparate bestehen im Allgemeinen aus Elektromagneten oder Spiralen, welche vom elektrischen Strome durchflossen werden und die Regulirvorrichtung bewegen.

Ihre Einwirkung ist entweder direkt oder indirekt.

Im ersten Falle wirken die Elektromagnete oder Spiralen direkt auf die Gasventile. Für grössere Kräfte ist man jedoch genöthigt, Zwischenapparate anzuwenden, welche durch die Elektromagnete in Thätigkeit gesetzt werden, sodass die letzteren nur indirekt auf die Gasventile einwirken. Zur ersten Klasse gehören die elektrischen Regulatoren von Carus, Wilson und Cook, zur zweiten, weitaus verbreiteteren, diejenigen von Cook, Westinghouse, Edison u. s. w. Wie bereits erwähnt eignen sich die elektrischen Regulatoren vorwiegend für die allerdings immer häufiger werdende Anwendung der Gasmaschinen für elektrische Beleuchtung, während die Kugelregulatoren für die Mehrzahl aller anderen Anwendungen der Gasmaschinen geeignet sind. Sie sind einfach und bedürfen zu ihrer Bewegung, welche entweder durch Riemen oder Zahnräder erfolgt, nur geringer Kraft. Die Schwungmassen-Regulatoren, welche nicht durch die Centrifugalkraft zum Aus-

schlag gebracht werden, arbeiten nur bei grossen Geschwindigkeiten vortheilhaft. Die hierher gehörigen Pendelregulatoren mit Gegengewicht sind zwar die einfachsten von allen, eignen sich jedoch nur für wenig veränderliche Geschwindigkeit, während endlich die mit einer Druckpumpe arbeitenden Regulaturen für veränderliche Geschwindigkeit am Platze sind, jedoch ziemlich komplizirt sind. Während die im Bisherigen besprochenen Regulirvorrichtungen auf der Veränderung der Explosivkraft der Maschine beruhen, haben Otto und Andere Methoden vorgeschlagen, bei welchen verdichtete oder verdünnte Luft zur Regulirung benutzt wird. Otto schlug vor, zwischen den beiden Arbeitscylindern einer Zwillingsmaschine einen Regulircylinder anzubringen, dessen Kolben mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung wie die Arbeitskolben während der Arbeitsleistung der letzteren Luft in einen Behälter drückt, welche beim Leerlauf der Maschine expandirt und so die aufgespeicherte Arbeit wieder abgiebt.

In einem anderen Falle wurde der Bewegungssinn aller Kolben gleichgerichtet und die Luft beim Ausgang der Kolben im mittleren Cylinder verdünnt, beim Rückgang also der äussere Luftdruck nutzbar gemacht.

Diese beiden Methoden haben sich jedoch als viel zu umständlich erwiesen und sind seit langer Zeit wieder fallen gelassen worden. Bei allen Maschinen findet sich ferner ein zwischen der Gasuhr und der Maschine in die Gasleitung eingeschalteter Gummibeutel, dessen Zweck darin besteht, den Gasdruck möglichst konstant zu erhalten. Diese Beutel wirken sozusagen als Accumulatoren, reguliren die Gaszufuhr und verhindern, dass der Druck in den Leitungen der benachbarten Gasflammen etwa unter den atmosphärischen Druck sinkt, also ein Einsaugen von Luft stattfinden könnte. Sie geben im Allgemeinen gute Resultate. Trotzdem haben einige Erfinder ihre Wirkungsweise noch zu verbessern versucht. So hat Crossley die Gasbeutel noch mit Federn umgeben, welche nachgeben, wenn der Beutel sich füllt, sich jedoch zusammenziehen, wenn er leerer wird. Diese Apparate haben sich jedoch nicht eingebürgert, da im Allgemeinen ein oder mehrere Gummibeutel von guter Beschaffenheit genügen, ohne dass es angezeigt erscheint, zu den, der Mehrzahl nach komplizirten Verbesserungen zu greifen.[1])

Die Zündung. Nachdem im Vorhergehenden die verschiedenen Methoden besprochen wurden, welche angewandt werden, um den Arbeitscylinder mit einer Ladung zu füllen, deren Explosion die zum Betrieb der Maschine erforderliche Kraft liefert, soll im Folgenden untersucht werden, wie diese Ladung entzündet wird, d. h. dieselbe auf eine Temperatur gebracht wird, welche für ihre Verbrennung erforderlich ist. Die Frage der Zündung soll jedoch nur im Allgemeinen behandelt werden, da bei der weiter unten folgenden Beschreibung der einzelnen Maschinensysteme Näheres über die besondere Einrichtung der einzelnen Zündungen mitgetheilt werden wird.

1) In neuester Zeit ist von Bizot und Acard ein sehr einfacher Apparat dieser Art gebaut worden, welcher zufriedenstellende Resultate ergeben haben soll.

Je nachdem eine Maschine ohne oder mit Verdichtung der Ladung arbeitet, hat man zwei Hauptarten von Zündungen zu unterscheiden.

Im ersten Falle wird die Zündung meistens mit Hilfe einer Zündflamme bewirkt. Zu diesem Zwecke besitzt der Cylinder häufig eine kleine, ungefähr in der Mitte des Kolbenhubes gelegene und mit einem kleinen Metallplättchen verdeckte Oeffnung, hinter welcher sich eine brennende Gasflamme befindet. Indem der Kolben nach aussen geht, saugt er das Gemisch an, und giebt nach beendigter Einströmung desselben die Zündöffnung frei, worauf die Metallklappe sich öffnet, die Flamme in den Cylinder eingesaugt und die Ladung entzündet wird.

Um ein Ausblasen der Zündflamme bei der Explosion zu verhindern, werden verschiedene Schutzvorrichtungen angewandt. Meistens bringt man eine zweite, Hilfs- oder Dauer-Flamme an, welche von der Explosion nicht getroffen werden kann und die eigentliche Zündflamme jedesmal wieder entzündet. Diese selbstthätige Zündung ist einfach und erfordert geringe Wartung. Eine Ausführung derselben wird beim Bisshop'schen Motor beschrieben werden.

Für gewöhnlich dient ein Schieber zur Zündung durch Ansaugen der Flamme. In diesem Falle ist meistens eine Zündflamme und eine Dauerflamme sowie eine Oeffnung des Schiebers vorhanden, durch welche hindurch die Flamme in den Cylinder eingesaugt wird. (Otto und Langen.)

Häufig bewirkt der Schieber die Zündung auch durch Mitnahme einer sogenannten Vermittlungs-Flamme, indem er eine im Innern brennende Flamme vor die nach dem Cylinder führende Oeffnung bringt und hier die Zündung der Ladung bewirkt, sodann bei seiner weiteren Verschiebung während der Arbeitsperiode jede Verbindung mit dem Innern des Cylinders verhindert. Für die nächstfolgende Explosion entzündet sich die Schieberflamme, welche durch die Explosion ausgelöscht war, wieder an der ausserhalb brennenden Dauerflamme.

Anwendungen dieser Zündung finden sich bei den Maschinen von Bénier und Forest. Dieselbe ist zwar sehr einfach, vermehrt jedoch die bereits vorhandenen Ursachen der Erwärmung des Schiebers noch beträchtlich.

Verschiedene andere Methoden der Zündung sind gleichfalls, wenn auch nur vereinzelt zur Anwendung gekommen, ähneln jedoch den Zündungen verschiedener mit Verdichtung der Ladung arbeitender Maschinen.

Lenoir benutzte in seiner ersten Maschine zur Zündung einen elektrischen Funken, während bei dem „Economic-Motor“ die Zündung durch eine in der Cylinderwand ungefähr in der Mitte des Kolbenhubes angebrachte dünne Platinplatte bewirkt wurde, welche durch eine darunter befindliche Gasflamme zur Rothgluth gebracht war. Hatte der Kolben beim Ausgang diese Platte frei gegeben, so erfolgte die Zündung. Da jedoch die Zündungen der Maschinen der ersten Klasse nur wenige Unterschiede zeigen und nur noch historisches Interesse besitzen, so sollen dieselben nicht weiter erörtert, dagegen die Zündungen der Maschinen mit Verdichtung der Ladung eingehen-

der behandelt werden, da diese dank den Vorzügen, welche sie besitzen, viel häufiger zur Anwendung gelangten.

Man unterscheidet bei diesen Maschinen gegenwärtig vier Hauptarten der Zündung:

1. Zündung durch Mitnahme der Flamme oder Vermittelungsflamme;
2. „ „ Einblasen der Flamme;
3. „ „ Fortpflanzung der Flamme und
4. „ „ Glühkörper.

Die Flammenzündung bietet bei den Maschinen mit Verdichtung grosse Schwierigkeiten und hat viel Mühe verursacht, ehe sie zufriedenstellend funktionirte.

Otto hat, als er die erste brauchbare Maschine mit Verdichtung baute, gleichzeitig eine Zündung durch Mitnahme der Flamme geschaffen, welche weiter unten bei der Besprechung der Otto'schen Maschine ausführlicher erklärt werden wird. Seine Konstruktion ist in der Folge sehr häufig mit geringen und unwesentlichen Aenderungen nachgebaut worden.

Im Wesentlichen besteht seine Zündvorrichtung aus einem, häufig auch zum Einlass dienenden Schieber mit einer Mulde, welche ein gasreiches, entzündbares Gemisch aufnimmt.

Während der Schieber sich bewegt, wird in einem bestimmten Moment das in der Mulde enthaltene Gasgemisch unter atmosphärischem Druck an einer aussen brennenden Zündflamme entzündet. Indem der Schieber nun weitergeht, tritt die Mulde bei einer bestimmten Stellung durch einen kleinen Druckausgleichkanal mit dem Cylinder in Verbindung. Hierdurch wird der Druck in derselben auf den im Innern des Cylinders herrschenden Druck und hierauf erst die ganze Mulde mit der Einströmungsöffnung des Cylinders in Verbindung gebracht, worauf eine plötzliche Verbrennung der noch vorhandenen gasreichen Mischung, dadurch eine momentane Drucksteigerung in der Schiebermulde und ein Ausschlagen der Flamme in den Verdichtungsraum, also eine Entzündung der ganzen Ladung stattfindet.

Diese Methode der Zündung, welche nur bei verhältnissmässig geringen Geschwindigkeiten durchführbar ist, besitzt zahlreiche Nachtheile, deren erster und wichtigster die Anwendung des Schiebers selbst ist, welcher, da er dem Stoss der Explosion und der Erwärmung durch die äussere Zündflamme und innere Vermittlungsflamme ausgesetzt ist, sehr schwer in Stand zu halten ist. Die Reinigung der Kanäle und Brenner sowie ihre Konstruktion überhaupt erheischt grosse Sorgfalt, wenn man einen schlechten Gang der Maschine vermeiden will.

Die Zündung durch Vermittelungs-Flamme, welche sich anfangs grosser Beliebtheit erfreut hat, wird bei den neusten Maschinen kaum noch angewandt, findet sich dagegen noch bei den älteren Maschinen von Otto, Crossley, Stockport und Rollason.

Am meisten finden hierbei Flachschieber mit hin- und hergehender Bewegung Anwendung, wogegen die cylindrischen, hahn- und scheibenförmigen

Schieber fast ganz fallen gelassen sind. Ihre Nachtheile sind weiter oben gelegentlich der Besprechung der Ein- und Auslassorgane mitgetheilt worden.

Die Zündung durch Vermittelungs-Flamme bietet indessen durch das Vorhandensein der Zündflamme gewisse Sicherheit für richtige Zündung. Ihr Gasverbrauch beträgt ca. 100—150 l für die Stunde und den Cylinder, und besitzt gewöhnlich jeder Cylinder seine besondere Zündvorrichtung. Indessen schwankt dieser Gasverbrauch mit der Leistung der Maschine, der Anzahl der Brenner und der Anzahl der Cylinder, ist jedoch für alle Leistungen bei gleicher Anzahl der Cylinder und Brenner ziemlich derselbe.

Um die Flammenzündung noch sicherer zu machen, ist verschiedentlich der Vorschlag gemacht worden, die Flamme durch Vergrösserung ihres Druckes noch zu verstärken, indem sie mit Hilfe einer besonderen Druckpumpe in den Cylinder hineingetrieben wurde, oder indem ein besonderes, leicht zündbares Gemisch angewandt wurde.

Dieses Verfahren durch Eintreiben oder Einblasen der Flamme hat gleichfalls viele Nachtheile, deren geringster die Umständlichkeit der Konstruktion ist. Es ist dem vorhergehenden Verfahren nur für sehr grosse Geschwindigkeiten vorzuziehen und daher in der Praxis wenig verbreitet. Die Zündung durch Fortpflanzung der Flamme beruht auf folgendem Prinzip. Wenn ein Behälter, welcher ein Gas von einer gewissen Spannung enthält, mit der äusseren Luft durch ein Rohr in Verbindung steht, bei welchem die Eintrittsöffnung aus dem Behälter kleiner als die Austrittsöffnung in die freie Luft ist, so wird die Ausströmung mit einer gewissen Geschwindigkeit stattfinden, der Druck hierbei abnehmen und beim Austritte des Gases in die Atmosphäre ungefähr gleich dem äusseren Luftdrucke sein. Wird nun dieses Gas an der Mündung des Rohres entzündet, so wird die Flamme sich in das Innere des Rohres bis zu jenem Punkte fortpflanzen, in welchem die Ausflussgeschwindigkeit des Gases gleich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme ist, über welchen die Flamme somit nicht hinausgehen wird. Wird nun die Austrittsöffnung in die Atmosphäre plötzlich geschlossen, so ist die Ausflussgeschwindigkeit gleich Null. Die Flamme wird daher in dem Rohre weiterbrennen und momentan in den Gasbehälter, also bei Gasmaschinen in den Arbeitscylinder einschlagen. Anwendungen dieses Systems finden sich bei den Motoren von Körting, Adam und Robson und haben sich bei denselben sehr gut bewährt. Sie haben dieselben Vorzüge und auch denselben Gasverbrauch wie die Zündungen mit Vermittelungsflamme.

Die am meisten verbreitetste Zündung ist gegenwärtig die Glühzündung, welche auf sehr verschiedene Weise praktisch zur Ausführung gelangt ist. Im Jahre 1878 schlug Otto die Anwendung eines ausserhalb des Cylinders befindlichen, durch eine Flamme rothglühend gemachten Platindrahtes und die plötzliche Einführung desselben in den Cylinder im Momente der Zündung vor; Andere schlugen vor, auf Rothgluth erhitzte Stücke feuerfester Kalk- oder anderer Steine in den Cylinder einzuführen, wieder Andere, einen Platindraht in der Zündkammer anzubringen und denselben im ge-

wünschten Augenblicke durch einen elektrischen Strom zur Rothgluth zu bringen. Alle diese Verfahren haben jedoch nur mässige Erfolge gehabt, und sind daher fallen gelassen worden.

Gegenwärtig rechnet man nur zwei Zündmethoden von praktischem Werthe zu den Glühzündungen: die eine durch Berührung mit rothglühend gemachten Zündröhrchen, die andere durch einen auf verschiedene Weise erzeugten elektrischen Funken.

Die erstere Art der Zündung kann wieder auf zweierlei Weise ausgeführt werden.

In den weitaus meisten Fällen besteht der Zündapparat aus einem metallenen (fast immer eisernen) Zündröhrchen, welches mit dem Cylinder direkt oder durch Vermittelung irgend welcher Zwischenorgane in Verbindung steht. Dieses Rohr, welches den Namen Glührohr führt, wird mittelst eines Bunsenbrenners von aussen auf Rothgluth erwärmt. Sowohl die äusseren als auch die inneren Wandungen desselben sind somit auf eine gewisse Länge rothglühend. Steht das Glührohr mit dem Cylinder direkt in Verbindung, so wird die Einrichtung so getroffen, dass während der Saugperiode die im Glührohre noch enthaltene Schicht der verbrannten Gase etwas unter den Punkt sinkt, wo die Glühzone endigt. Während der Kompression werden die verbrannten Gase im Glührohre wieder verdichtet, wobei ihre untere Begrenzungsfläche sich der Mitte des Rohres nähert. Gegen das Ende der Kompression aber werden die Rückstände so stark komprimirt, dass die frische Ladung mit der glühenden Zone des Glührohres in Berührung kommt, sich hierbei entzündet und die Explosion verursacht. Man kann den Moment der Zündung genau reguliren, indem man die Länge und somit auch den Inhalt des Glührohres veränderlich macht. Um diesen Zweck in der einfachsten Weise zu erreichen, verbindet man das Glührohr zuweilen mit einem durch einen verstellbaren Pfropfen versehenen seitlichen Rohre, dessen Inhalt man durch Auf- und Niederschrauben des Pfropfens verändern kann.

Steht das Glührohr mit dem Cylinder nicht direkt in Verbindung, so ist es meistens mit atmosphärischer Luft gefüllt. Im Momente der Zündung schliesst irgend ein Abschlussorgan (Ventil, Schieber oder dergl.) die Verbindung zwischen dem Inneren des Rohres und der äusseren Luft ab, öffnet dagegen diejenige zwischen dem ersteren und dem Cylinder, worauf ein Theil der verdichteten Ladung in das rothglühende Glührohr eindringt und die Explosion bewirkt. Diese letztere Methode ist die gebräuchlichere und sicherere, aber auch komplizirtere. Sie findet beispielsweise Anwendung bei den Maschinen von Crossley und Niel.

Die Motoren von Atkinson, Daimler, Tenting und anderen haben ein Glührohr von unveränderlicher Länge, während die neueren Otto'schen Motoren für kleine Leistungen eine Regulirvorrichtung mit verstellbarem Pfropfen besitzen.

Die Zündung durch Glührohr ist einfach, billig und sicher. Sie kann bei jeder beliebigen Geschwindigkeit der Maschine Anwendung finden und

arbeitet bei jeder beliebigen Aufstellung gleich gut bei Leuchtgas oder karburirter Luft.

Der Gasverbrauch ist etwas grösser als bei den vorhergehenden Zündungen und beträgt ungefähr 150—200 l für die Stunde und jeden Apparat, also jeden einzelnen Cylinder. Bezüglich des Preises, bezogen auf ein Stundenpferd, gleicht diese Zündung der mit Vermittelungsflamme arbeitenden Zündung. Die Haltbarkeit der Glührohre ist je nach dem angewandten Material verschieden. Dieselben werden meistens aus Schmiedeeisen gemacht und haben eine Brenndauer von 50—60 Betriebsstunden oder ungefähr 150 Arbeitsstunden bei 10stündigem Arbeitstage, da sie (je nach der Art des Betriebes) meistens nur während $^1/_3$ der Gesammtarbeitszeit in Betrieb sind. Der Preis der eisernen Glührohre beträgt ca. 0,10 Frcs. = 8 Pf., und werden dieselben meistens paarweise verkauft. In einer Zeit von ca. 5—10 Minuten können sie auf Rothgluth gebracht werden. Die Maschine kann daher erst nach Verlauf dieser Zeit in Gang gesetzt werden, welche man jedoch gern zur Schmierung und sonstigen Untersuchung der Maschine sowie zu anderen kleinen Hantirungen benutzen kann, die sowieso stets erforderlich sind, bevor die Maschine angelassen werden kann.

Zuweilen sind die Glührohre auch aus Platin. Sie sind dann bedeutend theuerer in der Anschaffung, halten dafür aber viel länger und sind kleiner als die eisernen Rohre. Endlich werden dieselben neuerdings auch aus Nickel, Porzellan und Legirungen von Eisen, Silber, Aluminium etc. hergestellt, wodurch ihre Brenndauer bedeutend verlängert wird. Die Glührohrzündung geniesst namentlich in England grosse Beliebtheit und beginnt sich auch in Deutschland und Frankreich immer mehr auszubreiten. Sie ist gegenwärtig zweifellos die verbreitetste, einfachste und vielleicht auch praktischste aller bestehenden Zündungen. In einigen, jedoch seltenen Fällen wird das dann meistens aus Platin hergestellte Glührohr durch eine im Innern desselben brennende Gasflamme erhitzt. In diesem Falle ist die äussere Oberfläche von einer Zündkammer umgeben, welche im geeigneten Momente durch Oeffnen eines Abschlussorganes mit dem Cylinder in Verbindung tritt. Diese Vorrichtung ist jedoch bedeutend komplizirter und theuerer als jene mit einem von aussen erwärmten Glührohre und innerer Zündung, und besitzt die nämlichen Vor- und Nachtheile wie die früher erwähnten Glühzündungen.

Der durch die Mitte einer explosiblen Gasmenge durchschlagende elektrische Funken wirkt wie ein Glühkörper, indem er an einer bestimmten Stelle die Gasmenge auf die Entzündungstemperatur erwärmt, von wo aus dann die benachbarten Schichten entzündet werden. Der Funken soll mehr heiss als lang sein. Ein heisser Funken ist röthlich-violett, während ein kalter Funken weisslich ist.

Die Vorrichtung, welche zum Ueberschlagen des Funkens dient, heisst der Zünder und besteht im Wesentlichen aus einem metallenen Pfropfen A (Fig. 14) von verschiedener Form, mittelst dessen sie an der Maschine befestigt wird. Dieser Pfropfen muss möglichst einfach konstruirt sein, damit er sehr rasch

abgeschraubt werden kann und die Spitzen des Zünders leicht nachgesehen werden können. Daher ist er aussen fast immer mit Schraubengewinde versehen, während er im Innern eine konzentrische, mit einem porzellanenen Isolirstäbchen B ausgefüllte Bohrung besitzt. Im Innern dieses Stäbchens befindet sich ein Draht C, welcher am einen Ende in eine Platinspitze a, am anderen in einer Klemme D endigt. Am Pfropfen A ist ferner ein zweiter Draht E befestigt, welcher in eine der Spitze a gegenüberliegende Platin-Spitze b endigt.

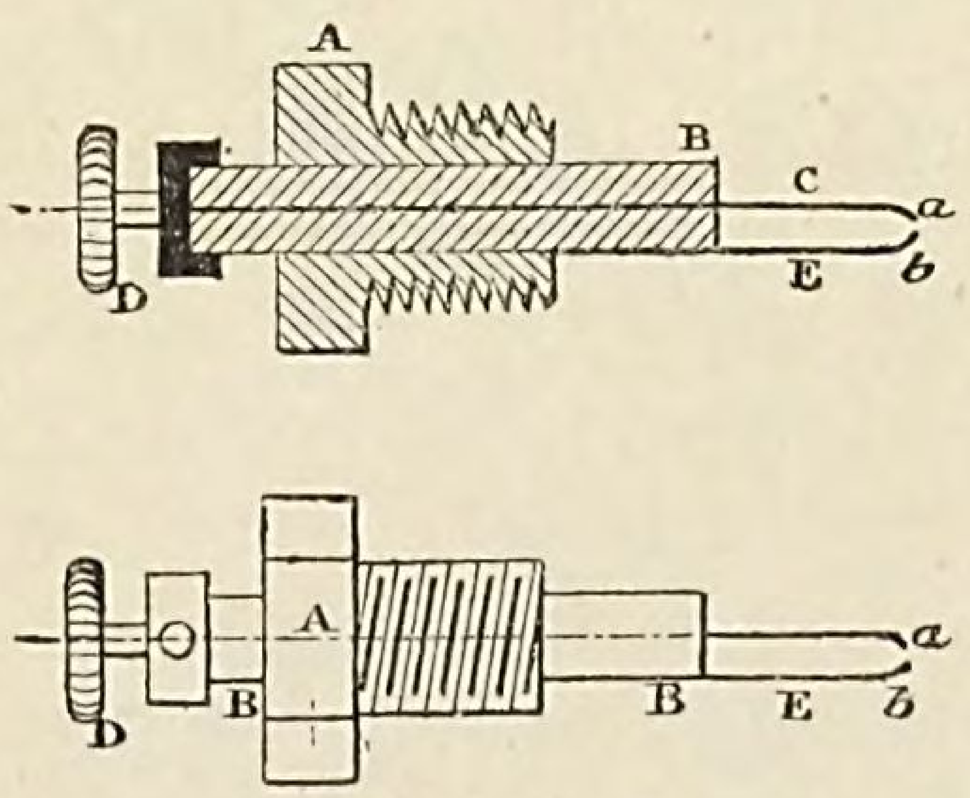


Fig. 14.

Zwischen den Spitzen a und b, deren Abstand von einander meistens nur 1 mm beträgt, springt der elektrische Funke über.

In einigen Fällen ist der Pfropfen A durch einen mittelst mehrerer Stiftschrauben an der Maschine befestigten, jedoch gleichfalls mit einem Isolirstäbchen versehenen Flansch ersetzt. Man kann sich kaum einfachere Konstruktionen als die beiden vorbeschriebenen denken. Komplizirt werden diese Zündungen meist nur durch die Apparate zur Erzeugung des Funkens, während die zum Ueberschlagen des Funkens im gewünschten Augenblicke dienenden Vorrichtungen sehr einfach sind und hierzu meistens die Steuerungsmechanismen selbst mitbenutzt werden. In den meisten Fällen wird ein induzirter, elektrischer Strom benutzt, welcher durch den in einer Spirale mit Hilfe zweier Chrom-Elemente (bezw. mit chromsaurer Eisenlösung gefüllter Elemente) erzeugten Strom in der Zündleitung induzirt wird.

In anderen Fällen sind die galvanischen Elemente durch magnet- oder dynamo-elektrische Apparate ersetzt, welche von der Maschine bewegt werden. Zuweilen wird auch der Unterbrechungsstrom eines magnet-elektrischen Apparates, welcher durch die Maschine dauernd oder periodisch bewegt wird, benutzt. In allen Fällen tritt der Strom bei A oder D ein, geht in den einen der Drähte, springt auf die andere Spitze in Gestalt eines Funkens über und geht bei D bezw. A wieder fort.

Wie bereits bemerkt, wird in den meisten Fällen der Strom durch galvanische Elemente oder Induktionsrollen erzeugt. Die Nachtheile der ersteren Apparate sind ziemlich zahlreich, da der Strom keine konstante Stärke behält und die Hantirung mit den zur Füllung der Elemente dienenden Stoffen nicht ungefährlich ist.

Die doppelchromsauren Elemente haben eine Dauer von ca. 150 Betriebsstunden, und ist es leicht, sich an das rechtzeitige Auswechseln derselben zu gewöhnen, sobald die tägliche Arbeitszeit des Motors nahezu dieselbe bleibt. In vielen Fällen geben die mit diesen Elementen versehenen Maschinen recht gute Resultate.

Die Anwendung magneto- oder dynamo-elektrischer Apparate, welche von der Maschine bewegt werden, schliesst die Nachtheile der galvanischen

Batterien aus, dafür sind diese Apparate aber theuer und komplizirt, da man besondere Drehvorrichtungen am Schwungrad anbringen muss, damit man sofort beim Anlassen die für die Erzeugung des Stromes nöthige Geschwindigkeit erhält, ohne welche der Strom nicht stark genug und das Anlassen nicht möglich ist. Bezüglich der Vorkehrungen, welche man anwendet, um den Funken im gewünschten Momente überschlagen zu lassen, ist zu bemerken, dass sie fast bei jeder Maschine verschieden sind, indessen lassen sie sich im Grossen und Ganzen in vier Klassen eintheilen, je nachdem entweder eine Einwirkung auf den Haupt- oder induzirenden Strom oder auf den Neben- oder induzirten Strom stattfindet, oder die Einwirkung vom Nebenstrome abgeleitet wird oder endlich der Strom fortgesetzt durch eine besondere Zündkammer geht, welche nur im Momente der Zündung mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt wird.

Im ersten Falle, welcher bei den Maschinen von Lenoir und Ravel Anwendung findet, ist über dem Induktionsapparate ein Umschalter angebracht, in Folge dessen der Nebenstrom, also auch der Zündfunken erst in dem Momente auftritt, wo der Hauptstrom durch den Umschalter geschlossen wird.

Da in diesem Falle nur im Momente der Zündung Strom verbraucht wird, so ist der Verbrauch der galvanischen Batterieen hierbei ein geringerer als in den anderen Fällen.

Benutzt man dagegen eine Einwirkung auf den induzirten Strom, so fliesst der Hauptstrom fortgesetzt durch den Induktionsapparat, während der Umschalter sich über der vom Nebenstrome durchflossenen Spirale befindet, der Funken daher erst entsteht, wenn der Nebenstrom geschlossen wird. Eine Anwendung dieser Zündung wird bei der ältesten Maschine von Lenoir näher besprochen werden.

Im Falle, wo die Zündung vom induzirten Strome abgeleitet wird, ist dieser sowie der Hauptstrom fortwährend geschlossen und im Umlauf. Im Momente der Zündung wird der Kreislauf des induzirten Stromes plötzlich unterbrochen und der letztere gezwungen einen anderen als den gewöhnlichen Weg zu nehmen, auf welchem er zwischen den Spitzen überschlagen und den Funken erzeugen muss. Dies System findet sich bei den Maschinen von Tenting, Benz und Charon.

Die Zündung mit fortwährender Funkenbildung oder kontinuirlichem Durchströmen des Stromes durch den Zünder endlich findet sich beim Simplex-Motor. Sie ist bei weitem die sicherste, da bei allen früheren Zündungen ein einziger überschlagender Funke die Zündung bewirken muss, während hier der Cylinder im gewünschten Augenblicke mit der Zündkammer in Verbindung tritt, in welcher nicht nur ein einzelner Funken, sondern ein förmliches Funkenbüschel fortgesetzt überströmt, wodurch jede Möglichkeit eines Aussetzens der Explosion durch Versagen der Zündung ausgeschlossen ist. Diese Aussetzer durch Versagen der Zündung sind aber bei Einzelfunken um so mehr zu befürchten, da der Funke nicht leicht zum Ueberspringen zu bringen ist, indem der kleinste Fehler in der Entfernung der Spitzen, das kleinste

zwischen die Spitzen gelangende Tröpfchen Oel und manche andere Ursachen das Ueberspringen des Funkens verhindern. Man sucht daher den elektrischen Zünder an einer Stelle des Cylinders anzubringen, wo er von allen Zufälligkeiten und Störungen möglichst unbeeinflusst bleibt. Diese besonderen Anordnungen werden bei den betreffenden, mit Funkenzündung versehenen Maschinen näher besprochen werden.

Bei der Anwendung von magneto- oder dynamo-elektrischen Apparaten, bei welchen man den Funken durch direkte Stromunterbrechung erzeugt, bietet das Anlassen der Maschine dieselbe Schwierigkeit wie bei denjenigen Apparaten, bei welchen von diesen Dynamos zunächst noch Induktionsapparate betrieben werden. Dafür ist der Preis dieser Apparate in Folge des Fortfalles des Induktionsapparates etwas geringer.

Eine sehr geschickte Anwendung dieser Zündmethode wird bei dem Durand'schen Motor beschrieben werden. Auch zeigt derselbe einen be-

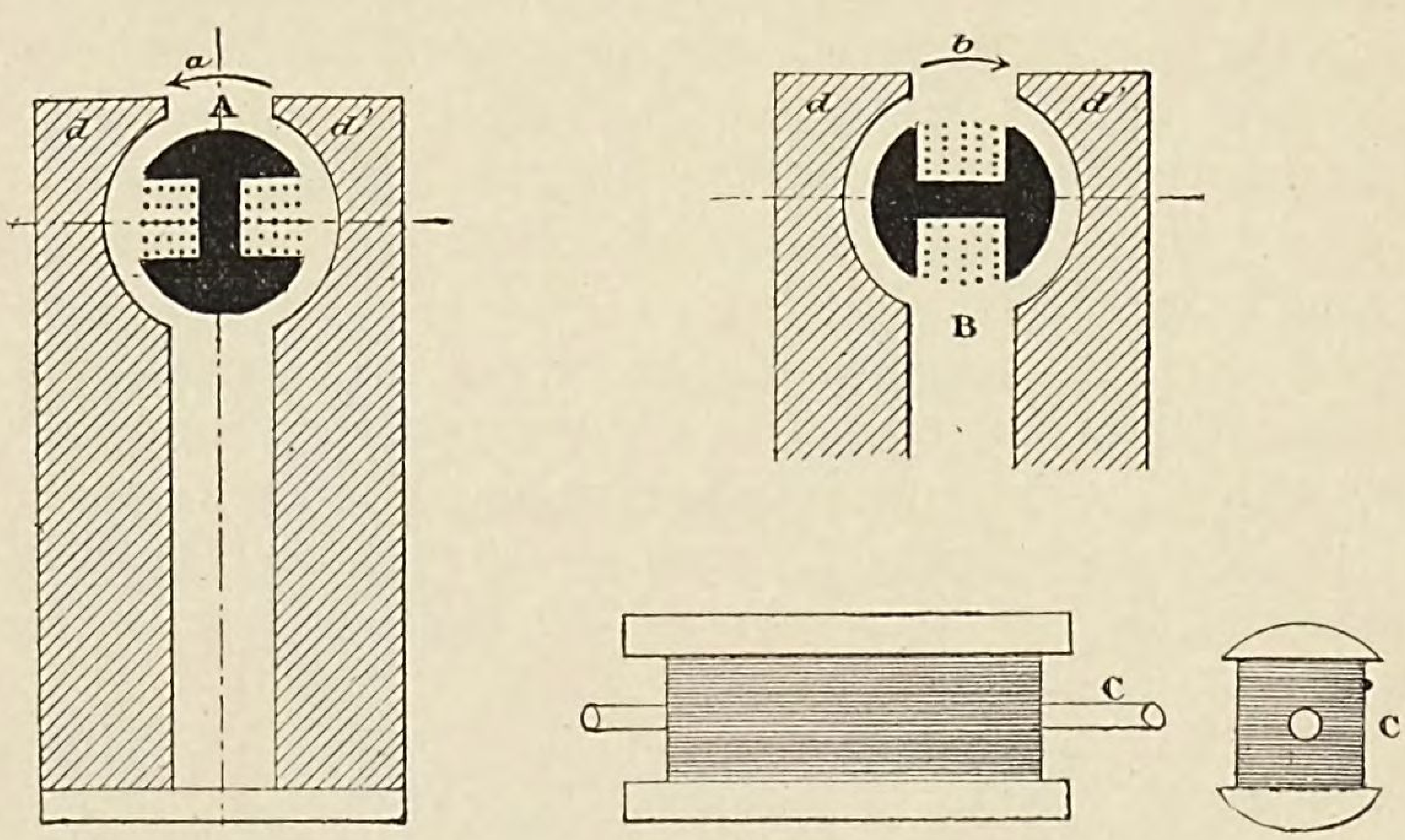


Fig. 15.

sonderen Zünder, bei welchem die Spitzen, zwischen welchen der Funken überspringen soll, aufeinander reiben und hierdurch die Gefahr eines Versagens der Zündung in Folge der glatten Oberfläche der Spitzen vermindert ist.

Wie die vorherigen so bedürfen auch die folgenden noch zu besprechenden Apparate zu ihrer Bewegung keiner grossen Kraft, sind aber theuer und sehr empfindlich. Dafür verursachen sie weder im Stillstand noch im Betrieb Unkosten und sind bei jeder beliebigen Geschwindigkeit und in jeder beliebigen Lage anzuwenden. Diese Apparate bestehen aus einem Elektromagneten, dessen Drahtspule sich nur im Momente der Zündung dreht und dessen Unterbrechungsstrom mit Hilfe eines eigenartigen Zünders nutzbar gemacht wird.

Die Spirale des Apparates ist meist nach Art des Siemens'schen Elektromagneten gebaut.

Sie besitzt einen Eisenkern von Doppel-T-Form (Fig 15), auf welchem der Draht der Länge nach aufgerollt ist. Diese Spirale liegt zwischen den

beiden Polen eines Magneten dd′ (Fig. 15), wobei sie für gewöhnlich die Stellung A einnimmt.

Kurz vor dem Momente der Zündung bewegt irgend ein bei den einzelnen Maschinen verschiedener Mechanismus die Spirale in der Richtung des Pfeiles a. Ist sie in der Stellung B angekommen, so wird sie vom Mechanismus freigelassen und durch Federkraft plötzlich in ihre Anfangsstellung A zurückgeschnellt. Hierbei dreht sich die Spirale vor den Magnetenden d und d′ um eine Vierteldrehung im Sinne des Pfeiles b vorbei, wobei sie von einem Strom durchflossen wird. Der bei der Stromunterbrechung entstehende sekundäre Strom wird nun benutzt, um den Zündfunken mit Hilfe eines eigenartigen Zünders (Fig. 16) zu erzeugen. Der letztere besteht aus einem metallenen Zapfen C, welcher am einen Ende einen Konus c, am anderen eine Klemmschraube c′ trägt. Dieser Zapfen befindet sich im Innern eines durch die Schraube E an der Maschine befestigten Porzellancylinders D. Ein bei K drehbarer Hebel H kann von ausserhalb durch eine Welle L bewegt werden, welche mit dem die Spirale C, Fig. 15, drehenden Mechanismus in Verbindung steht.

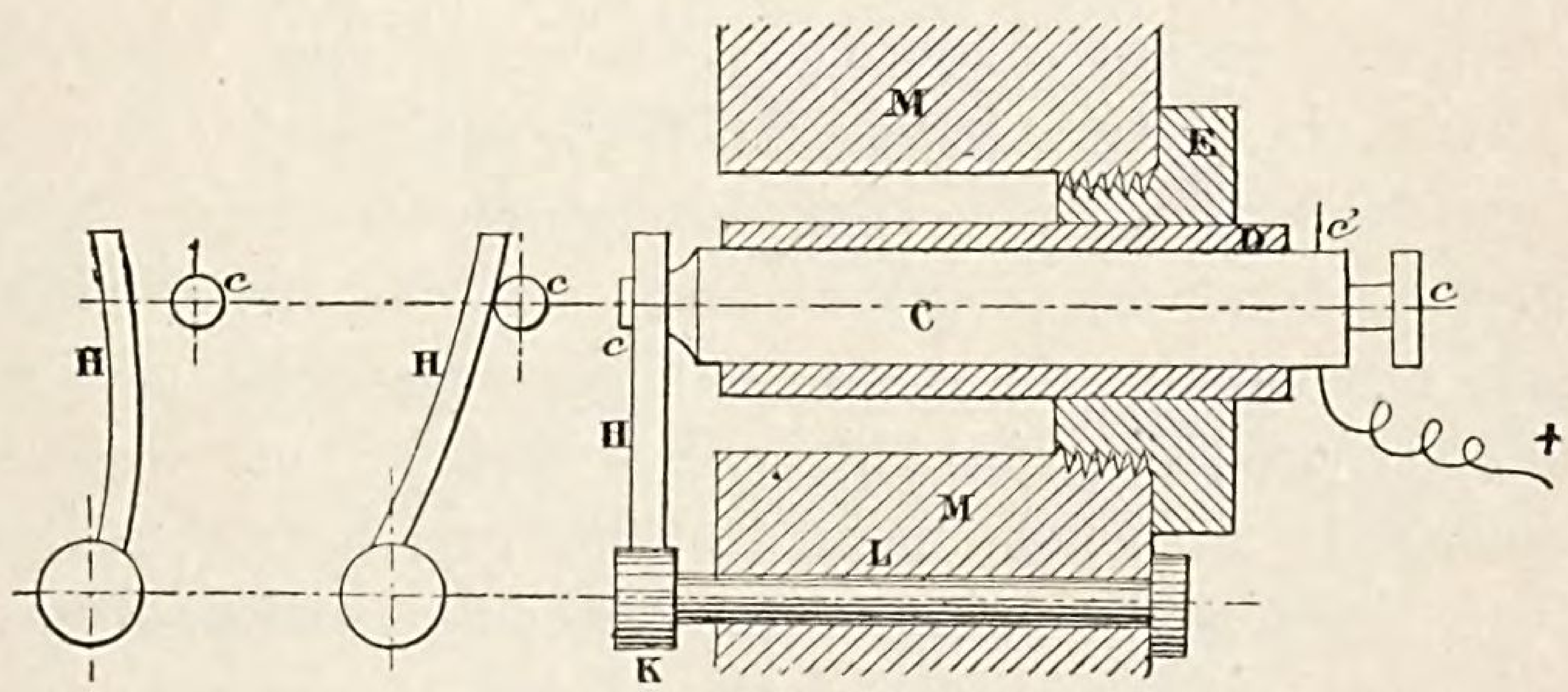


Fig. 16.

Die Wirkungsweise des Apparates ist nun folgende.

Der eine Pol der Spirale steht mit der Maschine und der Welle L, also auch dem Hebel H in Verbindung, während der positive Pol (+) mittelst eines Drahtes mit der isolirten Drehachse C der Spirale (Fig. 15) in Verbindung gesetzt ist.

Für gewöhnlich und auch während die Spule nach vorwärts gedreht wird, liegt der Hebel H an dem Konus c an, während derselbe nur in dem Moment, wo die rasche Rückwärtsdrehung der Spule erfolgt, plötzlich von c entfernt wird, wodurch ein durch den Unterbrechungsstrom gebildeter Funke zum Ueberspringen zwischen H und c gebracht wird.

Die Zündung durch elektrische Funken, welche besonders in Frankreich sehr beliebt ist, ist zwar einfach, aber sehr empfindlich. Einer ihrer Vorzüge besteht darin, dass sie jede Feuersgefahr ausschliesst und für jedes beliebige Gas anwendbar ist. — Die Unkosten für die Unterhaltung der galvanischen Batterieen[1]) sind ungefähr dieselben wie diejenigen der Zündflammen, aber die für ihre Instandhaltung erforderliche Wartung und die hierdurch verursachten Arbeiten sind beträchtlich grösser. Die Elektromagneten und Dynamos

[1]) Die Elemente kosten ca. 0,015 Frcs. oder 1,2 Pf. die Stunde.

verursachen weder beim Stillstand noch während des Betriebes der Maschine Unterhaltungskosten, aber bedeutend höhere Anschaffungskosten. Dafür sind sie namentlich für Transportmaschinen sehr geeignet.

Die elektrische Zündung findet endlich fast durchweg Anwendung bei allen, mit karburirter Luft arbeitenden Maschinen [1]).

Die Kühlvorrichtung. Wie früher mitgetheilt wurde, übersteigt die Explosionsanfangstemperatur zuweilen 2000° C. Um daher den Betrieb der Maschinen überhaupt zu ermöglichen, ist es erforderlich, die Temperatur der Cylinderwandungen nicht nur unter derjenigen der Rothgluth des Eisens sondern sogar unter 300° C. zu halten, bei welcher Temperatur sich das Schmieröl oder die anderen zur Schmierung verwandten Stoffe zersetzen. Hierzu bedient man sich zweier Mittel:

1. Der Anwendung von Rippenkühlung;
2. Der Anwendung von Wasserkühlung.

Im ersten Falle erhält der Cylinder Gusseisen-Rippen, dünne angegossene Platten von verschiedener Form, welche die Oberfläche des Cylinders vergrössern, also eine grössere Berührungsfläche mit der äusseren Luft bilden und dadurch eine Abkühlung bewirken sollen. Diese Rippen können die verschiedensten Anordnungen und Formen haben und wendet jeder Konstrukteur diejenige Form an, welche ihm am wirksamsten zu sein scheint.

Sie können entweder radial zum Cylinder angebracht sein, wie bei den Maschinen von Bisshop und Noel, oder parallel nebeneinander liegen wie bei Lenoir oder stehende Kanäle bilden, in welchen die Luft aufsteigt und cirkulirt, wie bei den Maschinen von Tenting und Alliaume. Bei der ersten Maschine von Forest laufen die Rippen spiralförmig um den Cylinder herum.

Die Rippen vermehren zwar die Festigkeit des Cylinders, aber auch sein Gewicht und sein Volumen, wofür sie den grossen Vortheil besitzen, keine besondere Rohrleitungsanlage zu erfordern, keine Unkosten während des Betriebes zu verursachen und nur geringe Wärmeverluste durch die Cylinderwandungen zu geben. Sie sind jedoch für Maschinen über 1 PS. nicht mehr gut anwendbar, da ihre Kühlwirkung nur sehr gering ist, dieselben daher für grössere Maschinen, um den Zweck zu erfüllen, sehr grosse Oberflächen erhalten müssten. Trotzdem arbeitet der Tenting-Motor noch bis zu 4 PS. nur mit Kühlrippen. Ein weiterer Nachtheil der Rippenkühlung ist die starke Erwärmung des Maschinenraums. Da ferner nach einiger Zeit die Abkühlung doch unwirksam wird, so zeigen die Maschinen bei jeder Explosion heftige Stösse und erfordern sehr viel Schmiermaterial, damit sie sich nicht einfressen und festlaufen.

Die Anwendung der Kühlung durch Wassercirkulation wird daher fast allenthalben vorgezogen, besonders sobald es sich um Maschinen über 1 PS.

[1]) Karburirte Luft ist eine mit Kohlenwasserstoffen durch Anwendung von Benzin, Petroleum etc. geschwängerte Luft, welche mit Luft gemischt ein explosibles Gemenge giebt und bei den Benzin- und Petroleum-Motoren Anwendung findet.

handelt. Am häufigsten ist diese Kühlung derartig ausgeführt, dass von einer Wasserleitung geliefertes Druckwasser in einem, den Cylinder umgebenden und mit ihm meistens in einem Stück gegossenen Mantel cirkulirt. Das Wasser tritt unter dem Cylinder ein, über demselben aus und wird hierauf zuweilen noch zu anderen Zwecken benutzt, meistens jedoch ablaufen gelassen.

Bei Wasserkühlung durch Druckwasser ist der regelmässige Gang einer Maschine jederzeit gesichert, da man die Wassermenge also auch die Temperatur der Cylinderwandungen je nach Bedarf sehr genau reguliren kann.

Leider sind die Wärmeverluste durch die Cylinderwandungen sehr gross, und verursacht sowohl die Rohranlage, als auch der fortwährende Wasserverbrauch beträchtliche Kosten.

Um den Wasserverbrauch zu vermindern sowie für den Fall, dass keine Druckwasserleitung vorhanden ist, hat man verschiedene Mittel versucht. Das erste und am wenigsten verbreitete Mittel besteht darin, den ganzen Cylinder in ein oben offenes und mit Wasser erfülltes Reservoir zu setzen, welches häufig auch mit dem Cylinder aus einem Stück gegossen ist. Das durch die Berührung mit den Cylinderwänden erwärmte Wasser kühlt sich an der Luft und an den Wänden des Behälters wieder ab. Das angewandte Wasser bleibt hierbei stets dasselbe, es genügt nur, das durch Verdampfung oder andere äussere Ursachen verlorene Wasser wieder zu ersetzen. Dies Verfahren ist einfach und billig, hat jedoch dieselben Nachtheile, wie die Rippenkühlung, d. h. es eignet sich nur für kleine Maschinen und wird nach einer bestimmten Betriebszeit der Maschine unwirksam. Zuweilen wird auch bei diesem Verfahren das Reservoir mit Röhren durchzogen um eine grössere Kühloberfläche zu geben. Meistens zieht man es indessen vor, ein besonderes Reservoir von grösserem Inhalt anzubringen und das Wasser von diesem aus durch den Kühlmantel des Cylinders, genau wie bei dem Anschluss an eine Wasserleitung, cirkuliren zu lassen, wobei der untere Theil des Reservoirs mit der unter dem Cylinder liegenden Eintrittsöffnung, der obere mit dem Abflussrohr in Verbindung steht. Das vom Boden des Behälters kommende kühlere Wasser erwärmt sich hierbei an den Cylinderwandungen, steigt dann zur oberen Partie des Behälters, kühlt sich dort ab, und sinkt darauf nieder, um wieder wärmerem Wasser Platz zu machen. Hierdurch wird also eine fortwährende Cirkulation erreicht und stets dasselbe Wasser benutzt, abgesehen von den Verlusten durch Verdunstung etc. Die Reservoire werden sowohl aus Zink- als auch aus Eisenblech, zuweilen auch aus Gusseisen hergestellt. Um den Cylinder während eines Betriebstages wirksam kühlen zu können, bedarf man einer bestimmten Wassermenge und einer bestimmten Oberfläche der Wände des Reservoirs, wodurch letzteres ziemlich viel Platz erfordert. Dieser Nachtheil hat zur Folge, dass diese Kühlvorrichtung nur für Maschinen bis zu 6 PS. angewandt werden kann. Unterhalb dieser Grenze giebt sie gute Erfolge und ist zugleich billig und einfach. Um den Umfang des Behälters und die Wassermenge, folglich auch das Gewicht der ganzen Einrichtung zu verringern, genügt es, die Oberfläche der Wände möglichst zu

vergrössern. Zu diesem Zwecke empfiehlt die Firma Körting Rippenheizkörper, wie sie für Warmwasserheizungen Anwendung finden, zur Abkühlung des Wassers zu verwenden.

Dieselben sind einfach, haben einen geringen Raumbedarf und ein kleines Gewicht, verbrauchen weniger Wasser und können gleichzeitig zur Heizung und Lüftung der Räume, in welchen sie untergebracht sind, dienen. Indessen erfordern sie eine besondere Art der Aufstellung, um mit Erfolg thätig sein zu können.

Die Schmierung. Erfordert die Schmierung der Cylinder und Steuerungsorgane der Wärmekraftmaschinen im Allgemeinen schon besondere Aufmerksamkeit, so ist dies in noch weit höherem Maasse bei den mit sehr hohen Temperaturen arbeitenden Gasmaschinen der Fall. Im vorigen Paragraphen wurde bereits erwähnt, dass die Cylinderwandungen auf unter 300° abgekühlt werden müssen, da man keinerlei Schmiermittel besitzt, welche einer höheren Temperatur Widerstand leisten. Sowohl Wasser als auch Graphit und andere Stoffe sind versuchsweise zur Schmierung angewandt worden, um eine höhere Temperatur der Cylinderwandungen zu ermöglichen und dadurch den Wirkungsgrad zu erhöhen, indessen hat man stets wieder zu den Schmierölen zurückkehren müssen, welche sich bei 300° C. zersetzen und ihre zur Schmierung erforderlichen Eigenschaften verlieren, daher auch die Temperatur der Cylinderwandungen unter diese Temperatur erniedrigen müssen, um die Schmierung überhaupt möglich zu machen. Trotzdem nun die Schmierung möglich ist, erfordert sie doch noch sehr grosse Aufmerksamkeit, da ein Mangel an Schmierung, selbst während einer noch so kurzen Zeit, bei so hohen Temperaturen grossen Schaden verursachen kann. Dieselbe muss daher so regelmässig und sorgfältig als irgend möglich ausgeführt werden. Zu diesem Zwecke hat sowohl zuerst Otto, als auch nach ihm eine Anzahl anderer Konstrukteure selbstthätige, von der Maschine angetriebene Schmiervorrichtungen ersonnen, welche mit der Maschine still stehen und sich mit derselben in Gang setzen, und sowohl dem Cylinder als auch den Steuerungsorganen das erforderliche Schmieröl zuführen.

Diese Apparate bestehen meistens aus einem über dem Cylinder angebrachten kleinen Oelbehälter, von dessen Boden kleine Rohre nach den Schmierlöchern führen und mit dem Oelbehälter in bestimmten Zeitabschnitten in Verbindung stehen, durch die Maschine selbstthätig gefüllt werden und je nach der Geschwindigkeit derselben mehr oder weniger Oel liefern. Auf diese Weise bleibt das Oel kalt und von unveränderlicher Zusammensetzung. Die Bewegung der Schmiervorrichtungen erfolgt durch Riemen, Räderwerke, Schaltwerke etc. Zuweilen sind die Schmierapparate auch durch kleine Oelpumpen ersetzt, welche gleichfalls von der Maschine betrieben werden und das Oel an den gewünschten Stellen einspritzen.

Manchmal stehen die Schmierapparate von besonderer Konstruktion auch durch kleine Klappen mit dem Cylinder in Verbindung, wobei das Oel durch den im Cylinder herrschenden Ueberdruck zugeführt wird. Hierbei kommt

jedoch das Oel mit den Verbrennungsgasen in direkte Berührung, wodurch es erwärmt und verunreinigt wird, was nachtheilig ist.

Die Zahl der Schmiervorrichtungen ist eine sehr grosse, und wird eine Reihe derselben später beschrieben werden. Wie beschaffen dieselben jedoch auch sein mögen, so ist die beste Schmierung stets diejenige, welche reichlich und fortgesetzt wirkt und eine fortwährende Benetzung der aufeinander gleitenden Flächen verursacht. Zwar hat diese Schmierung einen beträchtlichen Oelverbrauch zur Folge, indessen wird sich zeigen, dass dieser Oelüberfluss kein Nachtheil ist.

Von den zur Schmierung geeigneten Oelen wurden früher zunächst die Thier- und Pflanzenöle viel verwandt, dieselben verseifen jedoch leicht, brennen leicht und geben eine dicke, mit metallischem Staub erfüllte, schmierige Masse, welche die bewegten Theile stark abnutzt. Gegenwärtig werden daher nur noch mineralische Oele benutzt, welche entweder aus amerikanischem Petroleum oder russischem Naphta gewonnen werden[1]).

Da diese Oele rein sind, werden sie auch bei hohen Temperaturen nicht verändert, greifen die Metalle nicht an, bilden keine Schmiere und halten die aufeinander arbeitenden Flächen blank und rein. Indessen müssen sie, wie bereits erwähnt, rein sein, sonst wirkt das etwa in ihnen enthaltene thierische oder pflanzliche Oel so, als ob letzteres allein vorhanden wäre.

Die im Handel vorkommenden mineralischen Oele sind oft schlecht gereinigt oder mit verschiedenen Stoffen gemischt. Um ihre Güte zu beurtheilen, hat man ihr specifisches Gewicht zu ermitteln, welches für amerikanische Oele von 0,865 - 0,915, für russische von 0,890—0,920 variiren darf. Man untersucht die leichten Oele, indem man sie in einem offenen Gefässe erwärmt und von Zeit zu Zeit einen brennenden Körper über den Dampf hält. Bei einem guten Oele sieht man unter 150° C. keinerlei entzündbare Dämpfe auftreten, während die Entzündungstemperatur des Oeles selbst zwischen 200 und 300° C. liegt. Gutes Oel muss ferner bei 0° C. noch flüssig sein, und zwischen —2° C. und —10° C. dickflüssig werden, zwischen —10° C. und —12° C. aber gefrieren. Manche amerikanische Oele gefrieren freilich erst bei ca. —30° C. Ist das Oel betrügerischer Weise mit Harz gemischt, so liefert die Verdampfung bei ca. 100° C. einen festen, schuppigen Rückstand, anstatt dass das Oel dickflüssig und ölig bleibt. Eine Mischung von gleichen Theilen Mineralöl und schwefliger Säure giebt bei der Erwärmung und starkem Schütteln eine klare gelbliche Farbe, wenn das Oel rein ist, dagegen eine dunkelbraune oder schwarze Farbe, wenn das Oel Harze enthält oder unvollkommen gereinigt ist. Diese Probe zeigt auch, ob Theer in dem Oel enthalten ist. Schleimige Substanzen lassen sich durch Schütteln mit Wasser erkennen, indem sie dem Oel eine weissliche Färbung geben, fette Oele mit Hilfe einer Ammoniak-Lösung oder einer Sodalauge.

[1]) Siehe die Tabelle am Ende des Buches.

Zerreibt man Proben mineralischer Oele zwischen dem Daumen und dem Zeigefinger, so müssen sie sich rauh anfühlen und nicht erwärmen. Sie sollen überhaupt ölig, undurchsichtig sein und im durchscheinenden Licht von brauner Färbung, im reflektirten Licht grünlich schimmernd erscheinen.

Der Oelverbrauch ist je nach dem System der Maschine verschieden, indessen übersteigt er im Allgemeinen 0,020 kg für eine Stundenpferdekraft nicht. Die mineralischen Oele sind im Handel unter verschiedenen Namen gebräuchlich, wie Valvolin, Néolin etc. und kosten je nach der Qualität in Deutschland 60—100 M., in Frankreich 70—150 Frcs.

Reinigung und Klärung des gebrauchten Schmieröls der Gasmaschinen. Wie oben erwähnt, ist es für den guten Gang der Gasmaschinen unbedingt erforderlich, die aufeinander arbeitenden Flächen derselben durch reichlichen Oelüberfluss zu schmieren. Dieses Oel, welches die Maschine als eine schwarze, schmierige, durch Metall- und Kohlenstaub verunreinigte Masse verlässt, wird zuweilen anderweitig verwerthet oder zu billigem Preise verkauft, häufig auch weggeworfen. Da dieses Vorgehen die täglichen Betriebskosten beträchtlich vermehrt, so haben einige Erfinder einfache, selbstthätige Apparate ersonnen, um das Oel auf billige Weise 6 bis 8 mal zu reinigen und von neuem nutzbar zu machen. Hierdurch wird die Wartung der Maschine bedeutend erleichtert, und die Schmierung kann überreichlich und kontinuirlich sein, da das überschüssige Oel ohne Vermehrung der Betriebskosten gereinigt werden kann.

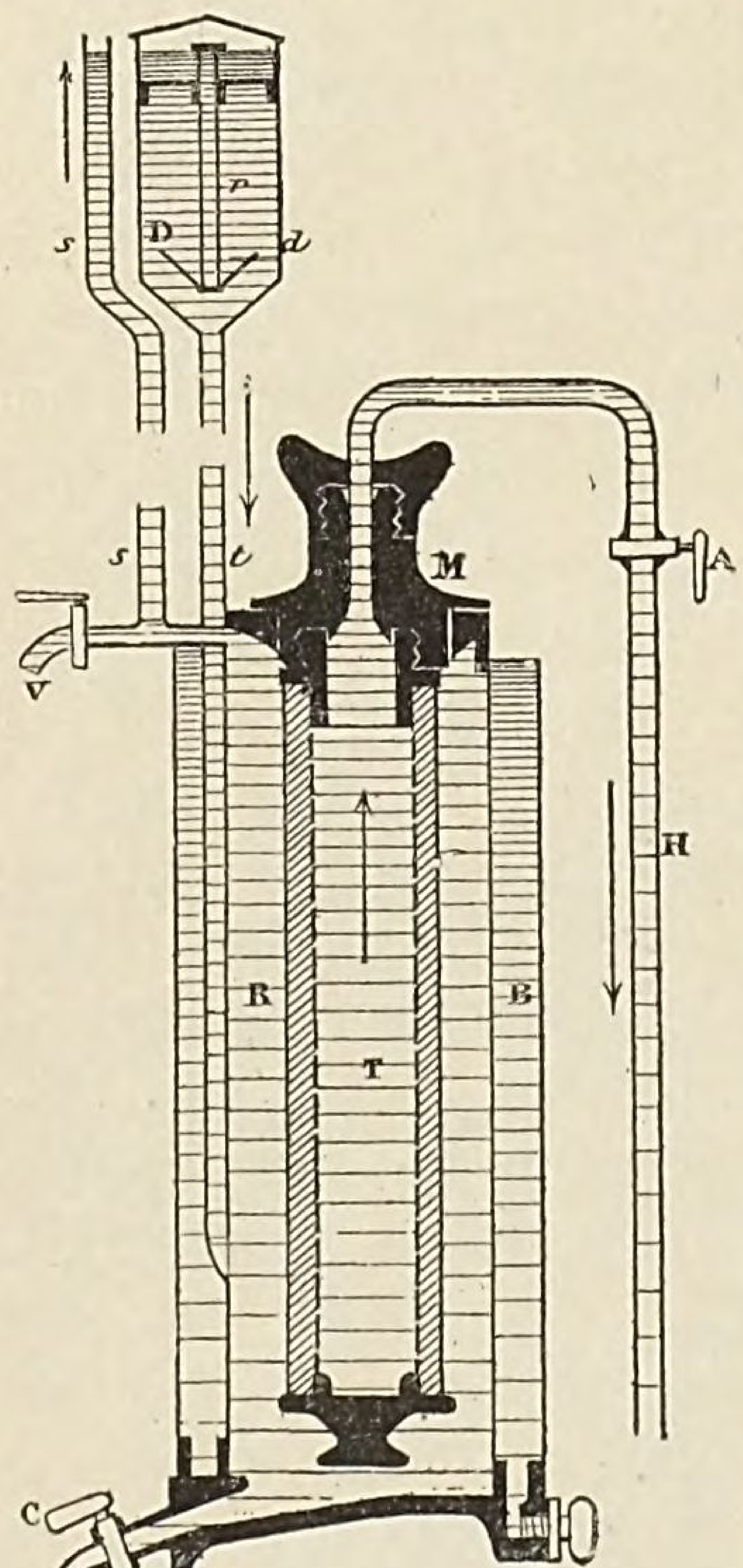


Fig. 17.

Um die Eisentheilchen zu entfernen, bedienten sich zuerst die Amerikaner des Magnetismusses. Das Oel wurde zunächst auf eine Schicht von stark magnetischen Eisenspähnen gegossen und hierauf noch durch einen Sandfilter gereinigt. So sinnreich dieses Verfahren auch ist, so hat es sich doch praktisch nicht bewährt und nicht annähernd die Erfolge aufzuweisen gehabt, wie die Apparate von Gustin, Ducretet u. A., von welchen namentlich der zweite viel für Gasmaschinen angewandt worden ist und daher hier kurz besprochen werden soll.

Oel-Reinigungsapparat von E. Ducretet. Derselbe setzt sich aus folgenden Theilen zusammen (Fig. 17):

1. Einem Filterrohr T, dessen Konstruktion noch näher erläutert wird,

2. einem das erstere umschliessenden Behälter R. In diesen Behälter gelangt das zu reinigende Oel, welches durch ein, den Behälter konzentrisch

umgebendes Oelbad B, das bis 30 mm unter seinem Rand mit Rüböl gefüllt ist, stark erwärmt wird. Dieses Bad ist noch mit einer Filzhülle umgeben und wird in einer noch näher zu beschreibenden Weise erwärmt.

3. Einem Behälter r, welcher das zu reinigende Oel zunächst aufnimmt. Derselbe enthält einen konischen Schirm D, welcher die groben Unreinigkeiten aufnimmt und das Oel durch kleine am Rand befindliche Oeffnungen d ausfliessen lässt. Dieser Schirm kann von Zeit zu Zeit gereinigt werden, ohne dass deshalb der Apparat ausser Thätigkeit gesetzt zu werden braucht.

4. Einem Rohr t, welches die Verbindung zwischen den beiden Behältern r und R herstellt, etwas über dem Boden des grossen Behälters R mündet und je nach dem Druck, mit welchem filtrirt werden soll, kürzer oder länger gemacht werden kann.

5. Einem Rohr s, welches dazu bestimmt ist, die Luft aus dem Behälter R abzusaugen. Dasselbe kann mit einem Ablasshahn V versehen sein.

6. Einem mit einem Regulirhahn A versehenen Rohr H, durch welches das gereinigte Oel in ein beliebiges Gefäss abgelassen werden kann. Ein am Boden des Behälters R befindlicher Hahn C dient gleichfalls zum Ablassen.

Das Filterrohr T hat folgende Konstruktion: Es besteht aus einem durchlochten Rohr, welches mit einem seidenen Filterband umwickelt ist, auf welches wieder ein zweites leinenes Filterband von ca. 12 mm Breite der ganzen Höhe des Rohres nach sehr fest aufgewickelt und in der Mitte des Rohres befestigt ist.

Das innere Rohr T ist nun mittelst einer Schraubenmutter M und eines Dichtungsleders luftdicht in den Behälter R eingeschraubt.

Für einen Filter Nr. 1 hat das Filterband ungefähr 0,70 m Länge. Ist das Rohr neu, so wird es zunächst 24 Stunden in Mineralöl getaucht, bevor es in den Apparat eingesetzt wird. Dies hat den Zweck, das Gewebe zunächst mit reinem Oele zu tränken.

Erfolgt die Filtration zu langsam, so wird das Filterrohr innerlich gereinigt, indem das Rohr herausgeschraubt, an ein anderes Rohr angeschraubt, und mit reinem Oel gefüllt wird, wodurch die in den Poren des Gewebes enthaltenen Unreinigkeiten von innen heraus fortgespült werden.

Diese verschiedenen Operationen lassen sich ohne Unterbrechung des Betriebes ausführen, da jeder Apparat mit einem zweiten Filterrohr zum Auswechseln versehen ist. Alle acht Tage ungefähr ist eine oberflächliche Reinigung des Filterrohrs vorzunehmen, was sehr rasch erfolgen kann. Zu diesem Zwecke entleert man den Behälter R bis zur Höhe des Hahnes V durch Oeffnen des Hahnes C, schraubt das Filterrohr heraus, reinigt es durch Abputzen mit Putzwolle oder dergleichen und setzt es wieder ein. Das ganze Verfahren kann in ungefähr fünf Minuten ausgeführt werden.

Bei Gasmaschinen wird der Reinigungsapparat durch Rohrschellen bb′ an das Auspuffrohr angeschraubt (Fig. 18). Das letztere legt sich

in eine, vom Oelbad gebildete Mulde und erwärmt durch seine Berührung mit dem Apparat sowohl das Rüböl als auch das zu reinigende Oel.

Fig. 18 zeigt diese Befestigung in perspektivischer Ansicht. Der Preis dieser Apparate beträgt:

	Frcs.	Mark
Für Gasmaschinen von 1—2 PS.	150	120
„ „ „ 3—4 „	180	144
„ „ „ 5—8 „	215	172

Der Filterstoff kostet ca. 2,50 Frcs. oder 2 Mk.

Das Anlassen der Gasmaschinen. Um eine Maschine in Gang zu setzen, muss zunächst der Steuerungsmechanismus und die Zündvorrichtung auf verschiedene, noch näher zu besprechende Art und Weise behandelt und sodann das Schwungrad angedreht werden.

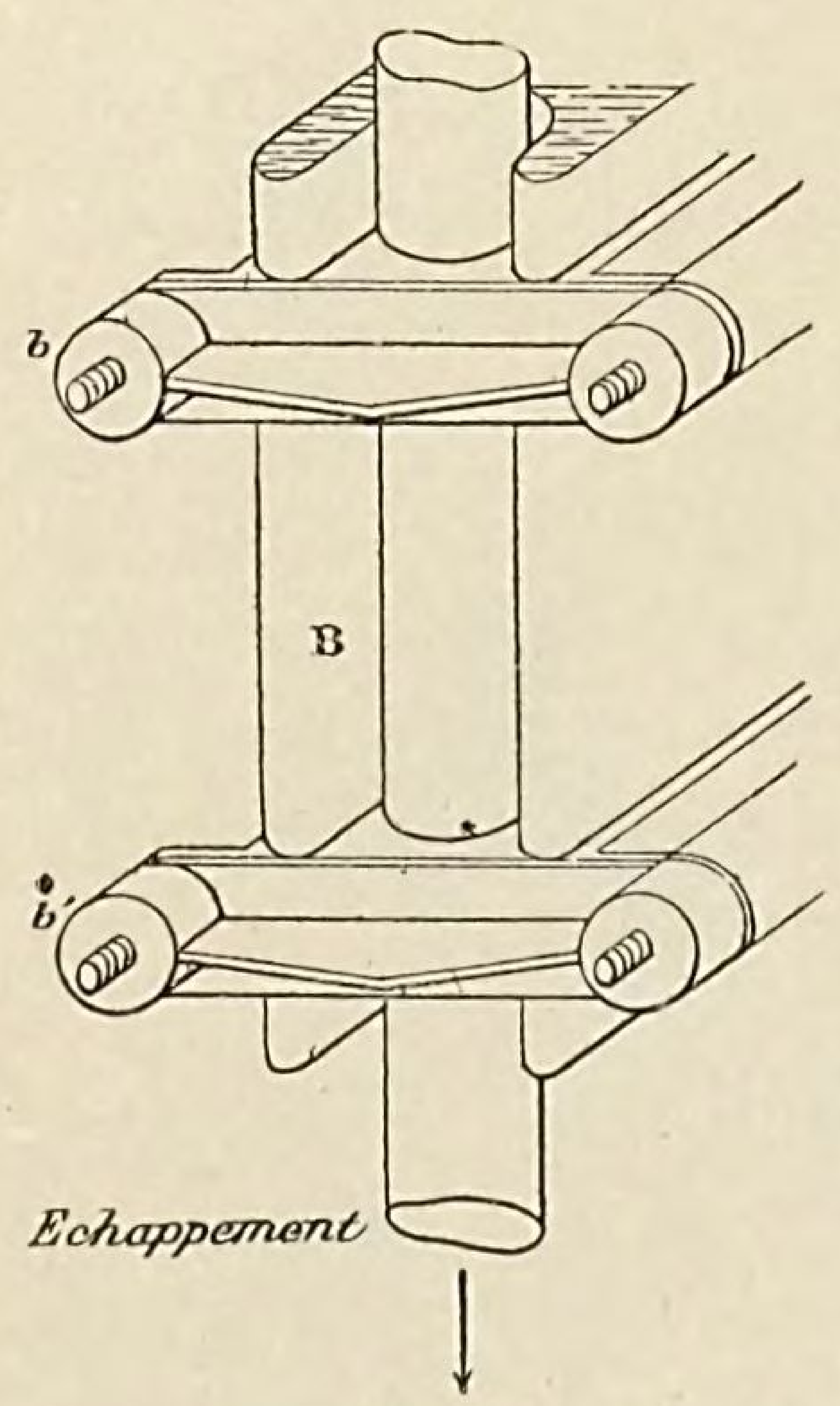


Fig. 18.

Bei den Maschinen ohne Verdichtung der Ladung bezweckt letzteres nur, ein Gasgemisch anzusaugen und eine Zündung zu verursachen, was leicht auszuführen ist. Anders verhält es sich aber bei den Maschinen mit Verdichtung der Ladung, da die letztere nicht nur angesaugt, sondern auch komprimirt werden muss, was bei mittelgrossen Maschinen schon schwierig, bei stärkeren Maschinen kaum noch ohne besondere Vorkehrungen ausführbar ist.

Man hat daher versucht, diese Kompressionsarbeit beim Anlassen wesentlich zu vermeiden und dadurch das Anlassen zu erleichtern.

Otto versah seinen ersten Kompressionsmotor sogleich aus diesem Grunde mit einem sehr einfachen Apparat, welcher dann von einer grossen Anzahl von Konstrukteuren nachgeahmt wurde. Der Zweck dieses Apparates war, die Arbeit am Schwungrad zu verringern, indem die Kompression während des Anlassens wesentlich verringert wurde. Zu diesem Zwecke wird das bei jeder zweiten Umdrehung durch einen Nocken der Maschine geöffnete Auslassventil während des Anlassens durch einen anderen Daumen bei jeder Umdrehung geöffnet, so dass dasselbe nicht nur während des Auspuffes, sondern auch während eines Theiles der Kompressionsperiode offen bleibt, in Folge dessen allerdings die Ladung nur schwach komprimirt wird, ein Theil derselben sogar durch das Auslassventil entweicht, die am Schwungrad zu verrichtende Arbeit aber beträchtlich verkleinert wird. Meistens sind die beiden erwähnten Hebedaumen oder Nocken aus einem Stück und können auf der Antriebswelle mittelst irgend eines Hebels verschoben werden. Auf diese Weise kann man den jeweilig erforderlichen Nocken mit dem das Auslassventil öffnenden Hebel in Eingriff bringen.

Auch durch Anbringung eines über der Zündkammer liegenden Hahnes hat man die Kompression beim Anlassen zu verringern versucht, indem ein Theil der Ladung durch den während des Anlassens offenen Hahn ins Freie entweicht, der Druck im Cylinder mithin nur wenig über den atmosphärischen Druck steigt und die Arbeit am Schwungrad noch von der Hand ausführbar ist. Diese Einrichtung ist vor allen Dingen bei allen Maschinen der Gruppe B der II. Klasse, bei welchen bei jeder Umdrehung eine Explosion stattfindet, in Anwendung.

Trotz dieser Vorkehrungen, welche das Anlassen vier- und mehrpferdiger Maschinen wesentlich erleichtern, wird dasselbe sehr schwierig, sobald die Leistung über 10 PS. steigt. Da diese Schwierigkeit ein starkes Vorurtheil gegen die Gasmaschinen von grösserer Leistung hervorgerufen hat, so haben die Konstrukteure selbstthätige Apparate zu erfinden versucht, welche das Anlassen von Maschinen jeder beliebigen Grösse ermöglichen sollen. Zu diesem Zwecke kann eine besondere kleine Gasmaschine aufgestellt werden, welche den grossen Motor während der ersten, zum Anlassen nöthigen Umdrehungen antreibt. Diese ziemlich selten angewandte und kostspielige Vorrichtung eignet sich nur für Maschinen über 50 PS. oder eine ganze Gruppe von Motoren. Für Maschinen von 10—25 PS. kann man den kleinen Motor durch ein Schaltwerk ersetzen.

Die verschiedenen automatischen Apparate werden auch „Selbstanlasser“ oder Self-starting genannt, und finden bei denselben gegenwärtig drei Hauptprinzipien Anwendung.

Bei der ersten Art wird eine bestimmte Gasmenge unter starkem Druck in einem Behälter komprimirt. Dies geschieht durch Auslöschen der Zündung am Ende des Betriebes und durch Herstellen einer Verbindung des Cylinders mit dem Behälter, in Folge deren der Motor, so lange er noch im Gange ist, nicht entzündete Ladungen in das Reservoir drückt. Um die Maschine nun in Gang zu setzen, wird der Cylinder wieder mit dem Behälter verbunden, worauf der Druck der in letzterem enthaltenen Gase den Kolben antreibt und den Cylinder ladet. Wird hierauf die Zündung bewirkt, so erfolgt die erste Explosion. Der bekannteste dieser Apparate ist der Clerk'sche. Bei der Aufspeicherung der Ladung unter Druck können jedoch unbeabsichtigte Entzündungen und Explosionen, sowie Druckverluste durch Undichtigkeiten entstehen. Clerk wendet geschweisste, schmiedeeiserne Behälter an, welche 5 Atm. Druck auszuhalten vermögen und nach seiner Ansicht vollkommene Sicherheit gewähren. Mit einem solchen Apparat wurde ein Motor nach sechswöchentlichem Stillstand wieder in Betrieb gesetzt.

Die beiden anderen Methoden haben geringere Explosionsgefahr und gar keine Entzündungsgefahr, dafür desto mehr Neigung zu Druckverlusten, welche die Leistungsfähigkeit der Apparate stark beeinträchtigt.

Im ersten Falle werden die Abgase in einen Behälter geschafft und komprimirt, und der letztere zum Zwecke des Anlassens, ebenso wie bei dem oben beschriebenen Apparat mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt. Die

komprimirten Gase treiben den Kolben nach aussen, werden dann aus dem Cylinder verdrängt, worauf das Ansaugen und Verdichten des neuen Gemischs und die Explosion stattfindet. Dieser Apparat ist besonders für Zwillingsmaschinen sehr geeignet. Der bekannteste derselben ist derjenige von Crossley.

Im zweiten Falle wird gewöhnliche Luft und zwar meistens mit Hilfe einer besonderen Luftpumpe in einen Behälter komprimirt, und sodann die Maschine in derselben Weise wie bei dem vorhergehenden Verfahren in Gang gesetzt. Eine Ausführung dieser Art wird bei der Maschine von Brayton erläutert werden.

Die übrigen selbstthätigen Apparate zum Anlassen, welche mit einem besonderen Motor versehen sind, finden im Allgemeinen selten Anwendung. Bei der mit Umsteuerung versehenen Maschine von Forest wurde bereits eines solchen Erwähnung gethan, ein zweiter wird bei dem Simplex-Motor besprochen werden.

Im Grossen und Ganzen ist die Frage der selbstthätigen Inbetriebsetzung der Gasmaschinen gegenwärtig zufriedenstellend gelöst und wird die Vervollkommnung der hierzu dienenden Vorrichtungen derartig fortschreiten, dass in dieser Beziehung nichts mehr zu wünschen übrig bleiben wird.

Verschiedene Konstruktions-Theile der Gasmaschinen.

Im Folgenden sollen die Hauptbestandtheile der Gasmaschinen, welche im Vorigen noch nicht behandelt worden sind, einer nur ganz allgemeinen Betrachtung unterzogen werden, da die meisten dieser Theile bei einer grösseren Anzahl von Maschinen besonders besprochen werden und die Mehrzahl derselben von den Dampfmaschinen her bekannt ist.

1. Der Rahmen. Derselbe hat, da er alle Theile der Maschine unterstützt, mit einander in Verbindung setzt und an ihrem Platze festhält, alle in der Maschine wirksamen Kräfte aufzunehmen, sei es dass er am Fussboden befestigt ist, sei es dass er auf einem Sockel steht, welcher nur das Gewicht der Maschine trägt.

Bei den stehenden Maschinen mit unten liegendem Cylinder dient letzterer zugleich als Grundplatte der Maschine, zu welchem Zwecke die untere Partie desselben erweitert ist und auf dem Fundament festgeschraubt werden kann, während das Gestell oben in zwei Arme ausläuft, welche die Schwungradwelle tragen.

In den meisten Fällen ist das so gebildete Gestell aus zwei oder drei Theilen zusammengesetzt, während bei den kleinen Maschinen das Ganze ein Gussstück bildet.

Andere stehende Maschinen haben ein besonderes, vom Cylinder unabhängiges Gestell, welches gleichfalls zur Verbindung mit dem Fundament dient.

Die liegenden Maschinen bis zu 4 PS. besitzen zuweilen ein in einem Stück gegossenes Gestell, meistens sind sie jedoch auf einer besonderen Unterlage montirt, welche entweder aus einem gusseisernen Rahmen oder aus Mauerwerk (Ziegel-, Sandstein-, Beton-Mauerwerk) bestehen kann.

Der eigentliche Maschinenrahmen ist stets aus Gusseisen und mit der Unterlage durch Schrauben verbunden. Er trägt hinten (meistens freitragend) den Arbeitscylinder, hat im Innern zuweilen eine Gradführung und am vorderen Ende zwei Arme, in welchen die Kurbelwelle gelagert ist. Zuweilen dient der Rahmen auch als Druckbehälter zum Anlassen und muss dann natürlich gasdicht verschlossen sein.

2. Der Cylinder. Derselbe wird immer aus hartem, möglichst homogenem Guss hergestellt und meistens mit der Kühlvorrichtung direkt verbunden, sei es dass die letztere aus Rippen oder einem besonderen Wasser-Cirkulationsmantel besteht. Er ist bei liegenden Maschinen fast immer mittelst eines Flansches und einer Anzahl von Stift-Schrauben freitragend am Rahmen befestigt, seltener mit letzterem aus einem Stück gegossen. Das hintere Ende des Cylinders bildet meistens die Zündkammer und ist ebenfalls mit Wasserkühlung versehen. Hat die Maschine eine Schiebersteuerung, so ist der Schieber meistens an der hinteren Stirnfläche angebracht und mittelst einer Verschlussplatte und mehreren Stift-Schrauben gehalten. Um die Reparaturen zu erleichtern, ist dann am hinteren Cylinderende eine besondere, sauber abgeschliffene Platte befestigt, auf welcher der Schieber hin- und hergleitet.

Die Cylinder der einfach wirkenden Maschinen, bei welchen der Kolben häufig auch die Gradführung besorgt, sind vorne vollständig offen und etwas verlängert. Besitzt die Maschine dagegen eine besondere Gradführung, so ist der Cylinder vorne entweder vollständig oder nur theilweise offen. Zuweilen ist der Cylinder vorne auch durch einen mit einer Stopfbüchse versehenen Deckel abgeschlossen. Dieser Deckel muss vollkommen dicht schliessen, wenn das vordere Ende des Cylinders als Kompressionspumpe benutzt wird, und schmiegt sich dann der inneren Form des Kolbens an. Der vordere Deckel ist selten gekühlt und wird wie der hintere durch Stiftschrauben am Cylinder befestigt.

Ist die Maschine doppeltwirkend, so sind die beiden Deckel einander gleich und mit Wasser gekühlt, nur besitzt der vordere eine Stopfbüchse. Die Maschinen mit vollständig geschlossenem Cylinder werden namentlich für solche industrielle Anlagen gebaut, bei welchen die Luft sehr staubhaltig ist.

Die Cylinder besitzen ausserdem noch eine bestimmte Anzahl von Theilen, welche entweder angeschraubt oder direkt angegossen sind, so die Steuerungsorgane, die Ventilgehäuse, die zur Zündung und Regulirung gehörigen Theile, die Arme zur Lagerung der Hilfswellen und anderes mehr.

3. Die Kolben. Bei diesen sind drei Theile zu besprechen:

die Dichtungsringe,

der Kolbenkörper selbst und

die Art der Verbindung mit der Kolbenstange oder der Kurbel.

Zur Dichtung dienen meistens Bronze-, Stahl- oder Gussringe, von welchen die letzteren die beliebtesten sind. Dieselben sind dann in dem Cylinder eingepasst, dessen Durchmesser um $^1/_{10}$ grösser als der Kolben-

durchmesser ist. Da sie in Nuten eingelegt sind, deren Durchmesser gleich dem Kolbendurchmesser weniger der Dicke der Ringe ist, so wirken sie selbstspannend und gut abdichtend. Für kleinere Maschinen werden meistens vier Ringe angewandt, während ihre Zahl mit der Grösse der Maschine wächst, jedoch stets viel grösser als bei Dampfmaschinen von gleicher Leistung ist. Die Ringe sind mit ihren Stossfugen gegeneinander versetzt und im Kolben durch verschiedene Methoden gegen Drehung gesichert. Ihr Herausnehmen muss jedoch leicht und rasch vor sich gehen können, damit Reparaturen und Reinigungen leicht vorgenommen werden können. Nur bei doppelt wirkenden Maschinen ist der Kolben symmetrisch und gleicht den Dampfkolben, hat jedoch eine bedeutend grössere Breite als diese.

Ist das vordere Ende des Cylinders geschlossen und zur Kompressionspumpe bestimmt, so sind die Kolben gleichfalls zuweilen symmetrisch, in allen übrigen Fällen dagegen hohl, vorne offen und am hinteren Ende eben. Diese Form hat den Zweck, die Abkühlung des Kolbens durch die äussere, in denselben eindringende Luft zu erleichtern.

Die Gasmaschinenkolben sind durchweg länger als die Dampfmaschinenkolben, besonders dann, wenn sie auch noch zur Gradführung dienen. Meistens sind sie aus einem Stück gegossen und am äusseren Umfange mit einer Reihe von Nuthen versehen, in welche sich die Dichtungsringe vermöge ihrer Elasticität einlegen. Zuweilen sind sie jedoch auch zweitheilig, indem das vordere Stück den eigentlichen Kolben bildet, an welchen sich nach hinten eine breite Ringnuth anschliesst, in welcher alle Ringe nebeneinanderliegen und durch einen mit dem Kolbenkörper verschraubten Deckel in ihrer Lage gehalten werden. Die Kolbenkörper sind fast durchweg aus Gusseisen und müssen sorgfältig bearbeitet werden.

Zwei Arten von Verbindungen sind zu unterscheiden, je nachdem ein Kreuzkopf vorhanden ist, welcher mit der Kurbel durch eine Pleuelstange verbunden ist, oder die Kurbel mittelst der Pleuelstange direkt vom Kolben betrieben wird. Im ersten Falle ist die Verbindung zwischen Kolbenstange und Kolbenkörper meistens wie bei Dampfmaschinen mit Hilfe eines Konus und einer Schraube hergestellt, im zweiten ähnlich wie bei der üblichen Verbindung der Pleuelstange mit dem Kreuzkopf einer Gradführung. Meistens ist quer durch die hohle Partie des Kolbens ein an beiden Enden konischer und durch Schraubengewinde befestigter Zapfen gesteckt, an welchem die Pleuelstange angreift.

4. Das Gestänge. Bezüglich desselben ist wenig zu sagen, da es dem bei Dampfmaschinen gebräuchlichen Gestänge meistens gleicht.

Die Kolbenstangen sind fast immer aus Stahl und mit den Kreuzköpfen in bekannter Weise verbunden. Die Gradführungen sind meistens cylindrisch, die Kreuzköpfe gegossen; sind sie jedoch prismatisch, so ist die Führung auf dem Rahmen selbst angebracht. Packungen sind so viel wie möglich zu vermeiden, da sie leicht verbrennen und ein sehr festes Anziehen der Stopf-

buchsschrauben erfordern, um bei den hohen Drücken abzudichten. Da hierdurch der Reibungswiderstand in den Stopfbüchsen sehr gross wird, so hat man vor allen Dingen aus diesem Grunde die doppeltwirkenden Maschinen fallen gelassen. Die Pleuelstangen bieten nichts Besonderes, sie werden so einfach wie möglich gemacht. Zuweilen findet sich auch die Anwendung von Zwischenhebeln etc., welche einerseits das Volumen der Maschine verkleinern, anderseits den Stoss der Maschine bei der Explosion verringern sollen. Dies ist der Fall bei den Maschinen von Bisshop, Bénier, Forest, Noel u. A.

Die Kurbelwelle ist meistens aus Stahl und immer gekröpft. Zuweilen wird versucht, die Gleichmässigkeit des Ganges durch Ausbalancirung der Kurbel oder durch Anwendung von Kurbelscheiben zu erhöhen. Die Kurbelwelle wird durch zwei, mit dem Rahmen aus einem Stück gegossene Arme getragen, deren Mittellinie entweder mit der Mittellinie des Cylinders auf gleicher Höhe oder darüber liegt. Im letztern Falle ist die Pleuelstange im Todtpunkt des Kolbens oder dem Moment der Explosion gegen die Horizontale geneigt.

Kleine Motoren haben im Allgemeinen nur ein, auf der einen Seite des Rahmens liegendes Schwungrad, welches häufig zugleich als Riemenscheibe dient; meistens befindet sich jedoch eine besondere Riemenscheibe direkt neben dem Schwungrad. Besser ist es jedoch, dasselbe auf der anderen Seite der Kurbelwelle zu befestigen, da so die Maschine besser ausbalancirt ist. Aus demselben Grunde verdienen auch die Maschinen mit zwei Schwungrädern den Vorzug.

Der Antrieb der verschiedenen Steuerungsorgane u. s. w. erfolgt meistens durch eine besondere, seitlich am Cylinder parallel zu letzterem, also senkrecht zur Kurbelwelle gelagerte Welle, welche von ersterer durch Kegel- oder Schraubenräder angetrieben wird. Seltener liegt die Steuerwelle parallel zur Kurbelwelle.

Die Steuerwelle trägt die Nocken, Daumen u. s. w. zur Bewegung der Steuerungsorgane, der Zündvorrichtung u. s. w. Die Nocken sitzen meistens fest auf der Welle, mit Ausnahme der zur Regulirung dienenden, welche beweglich sind und eine veränderliche Dicke haben.

Bei Zweitakt-Maschinen sitzen die zum Antrieb der Steuerung dienenden Theile direkt auf der Kurbelwelle.

5. Die Umsteuerung. In einigen Fällen ist es nothwendig, den Drehsinn der Kurbelwelle umkehren zu können. Da die Gasmaschinen sich jedoch meistens nur nach einer Richtung drehen, so ist es erforderlich, Mechanismen anzuwenden, welche die Kurbelwelle mit einer zweiten Transmissions- oder Antriebswelle verbinden.

Alle diese Mechanismen beruhen auf der Anwendung von Reibungsrädern. Sie sind jedoch umständlich, verursachen starkes Geräusch und verschmutzen leicht. Ihre Hauptanwendung finden dieselben bei Schraubenschiffen zur Bewegung und Umsteuerung der Schraube. (Vergl. weiter unten den Petroleummotor von Daimler.)

Drittes Kapitel.

Geschichtlicher Ueberblick über die Entwickelung der Gasmaschinen.

Bevor auf die Beschreibung der gegenwärtig gebräuchlichen Gasmaschinen eingegangen werden soll, erscheint es angezeigt, zunächst einen kurzen geschichtlichen Rückblick auf die Entwickelung der Gasmaschinen zu werfen, um die Veränderungen, welchen dieselben bis zu ihrer heutigen Stufe der Entwickelung ausgesetzt waren, kennen zu lernen.

Wie alle Wärmekraftmaschinen haben auch die Gasmaschinen ihren Ursprung in den alten Pulverkraftmaschinen von Hautefeuille (1678), Huyghens (1680) und Papin (1690). Bei allen diesen Maschinen wurde der äussere Luftdruck als Betriebskraft benutzt, während die bei der Verbrennung von Pulver entwickelten Gase dazu dienten, eine theilweise Luftverdünnung zu erzeugen. Nach diesem Prinzip waren auch die ersten Dampfmaschinen von Papin (1693), Savery (1698) und Newcomen (1705) gebaut.

Nachdem durch die fortschreitende Entwickelung der Dampfmaschinen die Aufmerksamkeit der Erfinder von den Explosionsmaschinen abgelenkt war, findet sich erst im Jahre 1791 wieder eine Spur von Versuchen, die Explosivkraft der Gase nutzbar zu machen.

Ein englischer Ingenieur, John Barber, erfand um diese Zeit eine Maschine, in welcher er ein Gemisch von Luft und Gas als treibende Kraft benutzte. Das Gas wurde in einer besonderen Retorte durch Erhitzen von Holz, Oel, Kohlen etc. entwickelt. Es ist wenig über die Maschine von Barber bekannt, indessen scheint er zuerst die Idee einer Maschine mit konstanter Verbrennung gehabt und zuerst das Prinzip der Anwendung der Verbrennung eines Gases als Betriebskraft zur Verwirklichung gebracht zu haben, so dass er als der eigentliche Erfinder der Gasmaschinen angesehen werden muss.

Robert Street erfand zwar im Jahre 1794 auch eine sehr sinnreiche, mit karburirter Luft betriebene Maschine, in welcher die Explosivkraft aus-

genutzt wurde, aber die Ehre, die Zukunft der Gasmaschinen gesichert zu haben, gebührt erst Lebon. Derselbe erfand im Jahre 1799 die Herstellung des Steinkohlenleuchtgases und baute kurze Zeit nachher, im Jahre 1801, eine durch Leuchtgas betriebene Maschine, welche bereits die ersten Elemente einer wirklich praktischen Maschine zeigte. Er fand bereits die Lösung zahlreicher Schwierigkeiten, scheint sogar bereits die Vortheile einer Kompression geahnt zu haben, und es ist anzunehmen, dass er, wenn er nicht im Jahre 1804 ermordet worden wäre, die Periode der Einführung der Gasmaschine in die Industrie bedeutend eher herbeigeführt haben würde.

Lebon hatte jedoch nicht die Zeit gefunden, seine Erfindung zu vervollkommnen, seine Ideen weiter auszuführen und Schüler heranzuziehen, welche sein Werk fortgeführt hätten. Auch wurde nach seinem Tode das Steinkohlengas, welches für die Gasmaschinen so ausserordentlich wichtig werden sollte, wieder fallen gelassen und die Betriebskraft der verschiedensten anderen Stoffe probirt.

Erst im Jahre 1823 taucht wieder eine Gasmaschine von einigem Interesse auf, diejenige von Brown. Dieselbe benutzte ähnlich wie die ältesten Pulvermaschinen, die treibende Kraft der Luft, wobei eine theilweise Luftverdünnung durch Verbrennungsgase bewirkt wurde, und hatte eine Flammenzündung und Wasserkühlung des Cylinders.

Während weiterer sieben Jahre ruhte die Entwickelung fast vollständig, und erst vom Jahre 1830 an kamen die verschiedensten Motoren auf, nach und nach zahlreicher, und nach und nach auch zweckmässiger. Hierher gehört die im Jahre 1833 patentirte Maschine von Wright, bei welcher die Regulirung der Geschwindigkeit der Maschine durch Veränderung der Zusammensetzung des Gemisches mittelst eines Watt'schen Regulators bewirkt wurde.

Im Jahre 1838 nahm Barnett seine ersten Patente, welche, wie noch näher erläutert werden wird, von grosser Wichtigkeit waren. Vor allem ist Barnett der Erfinder einer sehr praktischen Flammenzündung, auch hat er zuerst wieder nach Lebon versucht, die Gase vor ihrer Entzündung zu komprimiren. Bei seinen beiden ersten Maschinen wird die Ladung in einem besonderen Behälter verdichtet und dann in den Cylinder gebracht, während bei seiner letzten Maschine die Ladung durch besondere Pumpen in den Cylinder geschafft und hierauf vom Arbeitskolben verdichtet wird, nachdem die Verbrennungsprodukte verdrängt sind. Dies ist das Prinzip der neueren Maschinen der Gruppe B der II. Klasse. Seit dem Jahre 1821 beschäftigte man sich viel mit den Heissluftmaschinen, zu welchen Mead im Jahre 1794 die erste Anregung gegeben hatte. Diese Maschinen, bei welchen die Luft von einer Feuerung durch eine Metallwand hindurch erwärmt wurde, gaben jedoch keine genügenden Resultate.

Im Jahre 1839 kam Crusslanks auf eine zunächst für die Verbesserung der Heissluftmaschinen wichtige Idee, welche jedoch auch auf die Entwickelung der Gasmaschinen von grossem Einfluss werden sollte. Er schlug

nämlich vor, die Temperaturerhöhung der in den Heissluftmaschinen arbeitenden Luft durch brennbare Stoffe, welche in dieser Luft selbst verbrennen sollten, zu messen.

Anfänglich wurde dieser Idee keine Bedeutung beigelegt, bis man gegen das Jahr 1850, als die Heissluftmaschinen von Ericson nach und nach verlassen wurden, wieder auf dieselbe zurückkam und sich von ihren Vortheilen überzeugte.

Im Jahre 1854 äusserte sich Rech in Bezug darauf folgendermassen:

„Wenn es gelänge, die äussere Erwärmung der Luft einer Heissluftmaschine durch die Einführung einer bestimmten Brennstoffmenge in die im Cylinder eingeschlossene und zur Arbeitsleistung bestimmte Luftmenge zu ersetzen, so würde man mit einem Schlage im Stande sein, die Maschine so rasch, als man nur wünschen kann, laufen zu lassen und eine bestimmte Wärmemenge auf die beste Art und Weise auszunutzen.“

Da die Brennstoffe, welche sich hierzu am meisten eigneten, die gasförmigen Brennstoffe waren, so begann man, die Wärmekraftmaschinen von einer ganz anderen Seite anzusehen, liess die Heissluftmaschinen, Pulvermaschinen, Wasserstoffmaschinen u. s. w. gänzlich fallen, um nur die Gasmaschinen zu studiren. Die sinnreichsten Erfindungen folgten und überboten einander nun mit grosser Geschwindigkeit. Vom Jahre 1851—1860 wurden nicht weniger als 23 wichtige Erfindungen, so von Barsanti und Matteuci, Degrand, Hugon u. A. gemacht.

Die ersteren erfanden um das Jahr 1854 eine atmosphärische Maschine mit Zahnstangenantrieb, welche später von Otto und Langen vervollkommnet wurde, während Degrand um das Jahr 1858 die Ideen von Lebon und Barnett über die Kompression der Gase vor ihrer Zündung wieder aufnahm.

Man kann daher behaupten, dass seit dem Jahre 1860 die unter den verschiedensten Bedingungen ausgeführte Gasmaschine als erfunden gelten konnte, dieselbe jedoch noch nicht in die Praxis eingeführt war. In demselben Jahre baute Lenoir die erste dauernd zufriedenstellend arbeitende Maschine, weshalb ihm vielfach das Verdienst zugesprochen wird, den ersten modernen Gasmotor geschaffen zu haben. Von da an war der Weg für die Gasmaschine gebahnt, da die Industrie, deren Kraftbedarf stets zunahm, nicht immer mit der Dampfmaschine allein zufrieden war und daher den neuen Motor mit Begeisterung aufnahm. Die Versuche wurden immer zahlreicher, der Wasserstoff, das Pulver u. s. w. fallen gelassen und die Gasmaschine mit rapider Geschwindigkeit vervollkommnet.

Eine neue Periode begann für die Gasmaschine, nachdem sie in die Industrie einmal Eingang gefunden hatte. Seit 1862 bereits wandte sie Lenoir zum Betriebe von Land- und Wassertransportmaschinen an, wobei er karburirte Luft als Explosivstoff benutzte.

Die Idee, karburirte Luft zum Betrieb der Gasmaschinen zu verwenden, war zwar schon älter, indessen war es hier das erste Mal, dass eine mit karburirter Luft betriebene Maschine in der Praxis zufriedenstellend arbeitete.

Die Frage der Karburirung der Luft war gelöst, da bereits eine grössere Anzahl von Beleuchtungsvorrichtungen, welche mit karburirter Luft gespeist wurden, existirte.

Die Maschine von Lenoir, welche in ihrer äusseren Form genau einer liegenden Dampfmaschine glich, war doppeltwirkend. Sie hatte einen gleichmässigen, ruhigen Gang und war leicht in Betrieb zu setzen. Ihr Preis war bereits geringer als jener einer Dampfmaschine von gleicher Leistung und ihre Aufstellung erforderte nur den Anschluss an eine Wasser- und Gasleitung. Damit schien das Problem der Kraftvertheilung gelöst zu sein.

Der Erfolg dieser Maschine war ein sehr grosser. Bald aber merkte man, dass der Gasverbrauch ein enormer war (nicht weniger als 2500 l für eine Stundenpferdestärke), dass eine sehr beträchtliche Wassermenge zur Abkühlung erforderlich war (ungefähr 150 l für eine Stundenpferdestärke), und dass endlich die Schmierung kostspielig war und grosse Aufmerksamkeit erforderte.

Die Enttäuschung, welche der ersten Begeisterung folgte, war eine vollkommene, und der Lenoir'sche Motor fiel ebenso rasch in Ungnade, als er anfangs zu Ansehen gelangt war.

Dieser Misserfolg war jedoch ungerechtfertigt, da die Lenoir'sche Maschine gute Dienste leistete und ausserdem das Verdienst für sich in Anspruch nehmen konnte, mehr als alle früheren Maschinen die Aufmerksamkeit auf diese neue Betriebskraft gelenkt zu haben.

Man darf daher wohl sagen, dass die Erfolge, welche die Gasmaschinen gegenwärtig aufzuweisen haben, zum grossen Theil dem Erscheinen der Lenoir'schen Maschine zu danken sind. Denn ohne sie würde man eine neue, komplizirte und geräuschvolle Maschine nur mit Widerstreben aufgenommen haben, selbst wenn sie noch weit vortheilhafter gearbeitet haben würde als die Lenoir'sche Maschine. Einen Beweis hierfür liefert das weit spätere Auftreten der Maschine mit Zahnstangenantrieb von Otto und Langen.

Dieselbe kam dank ihrer Einfachheit, Regulirfähigkeit, ihrem verhältnissmässig geräuschlosen Gange u. s. w. rasch in Aufnahme. Man machte sich mit dieser neuen Gattung von Maschinen vertraut, lernte sie näher kennen und schätzen, und wenn auch die Vorliebe für die Lenoir'sche Maschine rasch abnahm, so geschah dies bei der Mehrzahl ihrer früheren Anhänger mit der Hoffnung, auf die Gasmaschine als solche gern zurückzukommen, sobald sie in Folge geeigneter Verbesserungen ökonomischer zu arbeiten im Stande wäre.

Dank diesen Umständen hatte die im Jahre 1876 erfundene Otto'sche Gasmaschine, als ihr Gasverbrauch bekannt wurde, einen durchschlagenden Erfolg, welcher sich auf die Mehrzahl aller nach ihr gebauten Maschinen übertragen hat.

Die zweite, praktisch anwendbare Maschine war diejenige von Hugon. Sein Patent stammt aus dem Jahre 1858 und war daher älter als das von Lenoir, aber erst im Jahre 1862 wurde die Hugon'sche Maschine in der

Praxis bekannt, und machte der Lenoir'schen Maschine ernstliche Konkurrenz. Sie hatte mit der letzteren viel Aehnlichkeit, besass indessen im Gegensatz zu der elektrischen Zündung bei Lenoir eine Flammenzündung und hatte auch einen kleineren Gasverbrauch als die Lenoir'sche Maschine. Der Schmiermaterial- und Wasserverbrauch war ebenfalls kleiner als bei Lenoir, da die Explosions-Temperatur in Folge einer Wassereinspritzung in den Cylinder niedriger war.

Doch waren auch die Vorzüge dieser Maschine nicht im Stande, den Misskredit, in welchen die Gasmaschinen gekommen waren, zu beseitigen, und man suchte daher nach einem ganz neuen Prinzip, welches im Stande wäre, die Entwickelung der Gasmaschinen in ganz andere Bahnen zu lenken.

Die Idee der Kompression des Gemisches vor seiner Zündung war um diese Zeit bereits bekannt. 1861 nahm Million ein Patent, in welchem er die Vorzüge der Kompression des Gemisches bereits klar entwickelte, während im Jahre 1862 Beau de Rochas in einer höchst beachtenswerthen Arbeit diese Frage in klarer und bestimmter Weise behandelte. Nach ihm waren die Bedingungen, welche eine Gasmaschine erfüllen musste, um rationell und ökonomisch zu arbeiten, die folgenden:

1. grösstmöglicher Cylinderinhalt bei kleinstmöglicher Oberfläche der Cylinderwandungen,
2. denkbar rascheste und vollständigste Expansion,
3. grösstmöglicher Anfangsdruck.

Um diese verschiedenen Bedingungen zu erfüllen, empfahl er die Anwendung eines einzigen Cylinders von grossem Durchmesser, grosse Kolbengeschwindigkeit der Maschine und die Kompression der Ladung vor ihrer Entzündung. Ausserdem hielt er bereits den später unter dem Namen des Viertakts bekannt gewordenen Prozess am geeignetsten, diese verschiedenen Bedingungen zu erfüllen, bei welchem 1. Ansaugen des Gemisches während des Aushubes, 2. Verdichtung des Gemisches während des Rückganges des Kolbens, 3. Zündung im Todtpunkt, Explosion und Expansion während des zweiten Aushubes, 4. Austreiben der Verbrennungsprodukte in die freie Luft während des zweiten Rückganges stattfinden sollte.

Man sieht aus diesem kurzen Auszuge aus den Arbeiten Rochas', dass er die Frage der richtigen Wirkungsweise von Grund aus studirt hat, da gegenwärtig fast ganz allgemein nach diesem Prinzip verfahren wird.

Den grossen praktischen Schwierigkeiten, welche die Ausführung einer Gasmaschine nach den Ideen Beau de Rochas bot, ist es zuzuschreiben, wenn erst 15 Jahre später Otto mit einer praktisch wirklich brauchbaren Maschine an die Oeffentlichkeit trat, deren Wirkungsweise mit der von Rochas angedeuteten übereinstimmte.

Auf dem vorerwähnten Stand der Entwickelung befand sich der Gasmaschinenbau zur Zeit der Eröffnung der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1867. Auf ihr erschien zum ersten Male die geistvoll ersonnene

atmosphärische Gasmaschine mit Zahnstangenantrieb von Otto und Langen, welche eine Vervollkommnung der Maschine von Barsanti und Matteuci war. Wie der Name andeutete, wurde in dieser Maschine der atmosphärische Luftdruck als treibende Kraft benutzt, genau wie bei den alten Pulvermaschinen, nur dass die Explosion nicht durch Pulver, sondern durch ein Gemisch von Luft und Steinkohlengas verursacht wurde.

Diese Maschine von Otto und Langen war jedoch komplizirt, ziemlich umfangreich und arbeitete unregelmässig und geräuschvoll. Trotz ihres geringen Verbrauches an Gas (nur 800 l für 1 St. PS.), Wasser und Oel hatte sie in Frankreich keinen Erfolg. Im Jahre 1872 versuchte Bisshop, angeregt durch die Erfolge der Otto-Langen'schen Maschine, den Gang der letzteren geräuschloser und gleichmässiger zu machen. Zu diesem Zwecke verband er den Kolben mit der Kurbelwelle derartig, dass er im Moment der Explosion frei beweglich war. Zwar wurde hierdurch der Gang der Maschine regelmässiger und ruhiger, indessen beseitigte Bisshop gleichzeitig zum grössten Theil die Wirkung des atmosphärischen Luftdruckes, um die Explosion besser auszunutzen. Der Gasverbrauch wurde hierdurch wieder beträchtlich grösser als jener der Otto-Langen'schen Maschine (1850 l gegen 800 l), wenn auch bedeutend kleiner als jener der Maschinen von Lenoir und Hugon (1850 l gegen 2500 l). Da der Bisshop'sche Motor auch kein Kühlwasser und nur wenig Schmieröl erforderte, so hatte er grossen Erfolg, wenn auch nur für kleinere Leistungen.

Er ist das erste Beispiel einer Maschine des gemischten Systems. (Vergl. weiter oben S. 13.)

In den zwar seltenen Fällen, wo die Anlage einer Gasmaschine erwünscht, jedoch keine Gasfabrik vorhanden war, wurde die Maschine mit an Ort und Stelle durch einen für Beleuchtungszwecke angewandten Apparat erzeugter, karburirter Luft betrieben. Indessen waren diese Apparate theuer und komplizirt, weshalb verschiedene Konstrukteure neue, mit von der Maschine selbst erzeugter, karburirter Luft betriebene Motoren zu bauen suchten, so vor allen Hock und Brayton.

Die im Jahre 1873 in Wien erfundene Maschine von Hock arbeitete mit Benzin, jedoch unökonomisch, und hatte daher keinen nennenswerthen Erfolg.

Die Maschine von Brayton dagegen, welche um dieselbe Zeit in Amerika aufkam und dort unter dem Namen „Ready motor" bekannt war, hatte einigen Erfolg, da sie gewöhnliches Lampen-Petroleum an Stelle des Benzins anwandte. Sie ist das erste Beispiel einer praktischen, brauchbaren Maschine der dritten Klasse mit Verdichtung der Ladung und Verbrennung.

Im Jahre 1874 versuchte nochmals Gilles, 1879 Hallewell die atmosphärischen Maschinen zu vervollkommnen, jedoch beide ohne Erfolg.

Die Pariser Weltausstellung vom Jahre 1878 brachte mehrere neuere Maschinen, so diejenigen von Ravel, Simon und Otto.

Der für kleine Kräfte bestimmte Ravel'sche Motor hatte einen stehenden, oscillirenden Cylinder. Die Maschine von Simon war eine Abart der Brayton'schen Maschine, welche durch Gas und Wasserdampf betrieben wurde. Sie war das erste Beispiel einer Gasdampf-Maschine.

Der neue Otto'sche Motor war bereits 1876 erfunden, indessen begann sein Erfolg erst mit der Pariser Ausstellung vom Jahre 1878. Er arbeitete mit Kompression und nach dem Viertaktsystem, welches Beau de Rochas 1862 als das vortheilhafteste bezeichnet hatte. Das einzig Neue dieser Maschine vom theoretischen Standpunkte aus war die besondere Vertheilung der Gase im Cylinder, wodurch eine langsamere Verbrennung bewirkt wurde, welchem Umstand Otto den Haupterfolg seiner Maschine zuschrieb, während ihm anfänglich die Kompression nur nebensächlich und keineswegs nothwendig erschien. Es ist bereits oben gezeigt worden, inwieweit diese Annahme zutreffend ist.

Es ist zu verwundern, dass der Prozess von Beau de Rochas nicht bereits früher versucht worden ist. Bekanntlich findet bei diesem Prozess nur nach je zwei Umdrehungen eine Explosion statt, sodass also je eine Umdrehung auf Kosten der Kompression verloren geht.

Der Gang einer nach diesem Prinzip gebauten Maschine ist somit eigentlich vollkommen unnormal, und ist es wohl hieraus zu erklären, dass die Erfinder vor einer Maschine zurückschreckten, deren Gang sehr unregelmässig und deren Ausführung sehr schwierig zu sein schien. Otto dagegen, durch den Erfolg, welchen seine atmosphärische Maschine gehabt hatte, ermuthigt, wagte den Versuch, und es muss anerkannt werden, dass die von ihm gebaute Maschine mit der grössten Sorgfalt und ungemein geistvoll bis in ihre kleinsten Einzelheiten durchgearbeitet war, sodass sie, ohne wesentlichen Veränderungen unterworfen worden zu sein, noch heute zu den besten Gasmaschinen zählt.

Seine Maschine musste diese Vorzüge aufweisen, um den Erfolg zu erringen, den sie thatsächlich errungen hat, ein Erfolg, welcher noch fortdauert. Denn wenn auch der Otto'sche Motor bezüglich des Gasverbrauchs oder der Einfachheit der einzelnen Organe theilweise übertroffen ist, so steht er hinsichtlich der Genialität seiner Erfindung doch noch unerreicht da. Es mag das über diese so wichtige Maschine Gesagte an dieser Stelle genügen, da dieselbe weiter unten in erschöpfender Weise beschrieben werden wird.

In den Jahren 1878—1881 ist die Zahl der auf Gasmaschinen bezüglichen Patente sehr gross, jedoch finden sich unter denselben hauptsächlich Maschinen des gemischten Systems der ersten Klasse. Doch auch die mit Verdichtung arbeitenden Maschinen wurden von den verschiedensten Gesichtspunkten aus studirt. Eine der interessantesten Maschinen, welche hierher gehört, ist die mit einer besonderen Kompressionspumpe versehene Maschine von Clerk (1879), bei welcher die Ladung mit Hilfe dieser Pumpe in den Arbeitscylinder geschafft wird, die Verbrennungsprodukte vor sich her treibt und sodann nochmals komprimirt wird. In Folge dieser Anordnung konnte

bei der Clerk'schen Maschine bei jeder Umdrehung eine Explosion stattfinden, wodurch die Gleichmässigkeit des Ganges wesentlich erhöht wurde. Bereits im Jahre 1838 hatte Barnett eine ähnliche Idee gehabt, indessen hat zuerst Clerk den Maschinen der Gruppe B der zweiten Klasse den Weg in die Praxis gebahnt.

Zu erwähnen sind noch zwei Versuche aus dem Jahre 1879 von Otto und von Liebert, welche sich auf Verbund-Gasmaschinen bezogen, sowie eine höchst merkwürdige Maschine von Déprez für Lokomotiven. Das in einem Behälter aufgespeicherte, komprimirte Gas wirkte zunächst durch seine Expansion allein, worauf es mit Luft gemischt zur Explosion gebracht wurde und nochmals Arbeit leistete.

Es kommt das Jahr 1881, welches in der Geschichte der Gasmaschinen eine wichtige Rolle spielt, da in demselben in Paris eine Elektricitätsausstellung stattfand, welche der Entwickelung der Gasmaschinen noch weit mehr als die Weltausstellung vom Jahre 1878 förderlich wurde.

Die letztere hatte gezeigt, dass man einfache Gasmaschinen von verhältnissmässig kleinen Abmessungen, geräuschlosem Gange und ökonomischem Betriebe zu bauen im Stande war, jedoch wandte man dieselben nur für geringere Leistungen und für das Kleingewerbe an, da man die Maschinen nicht für fähig hielt, grössere Leistungen regelmässig und andauernd zu verrichten. So wurden sie auch nicht zur Erzeugung des elektrischen Stromes für elektrische Beleuchtungen für geeignet gehalten.

Die Pariser Elektricitätsausstellung vom Jahre 1881 bewies zum grössten Erstaunen der ganzen industriellen Welt das Gegentheil. Auf ihr war eine grosse Anzahl von Maschinen der Systeme Bisshop, Clerk, Otto, Ravel und anderer im Betrieb, welche von 6 mkg bis 50 PS. variirten und insgesammt eine Leistung von über 200 PS. verrichteten.

Mehrere dieser Maschinen waren direkt mit Dynamomaschinen für Bogen- und Glühlampen verbunden.

Nachdem die Gasmaschine so den Beweis geliefert hatte, welche ausserordentlich grossen Dienste sie der Industrie zu leisten im Stande sei, wurde sie von allen Seiten anerkannt, in grossen Mengen in die Industrie eingeführt und noch mehr als zuvor Gegenstand des eifrigsten Studiums der Konstrukteure.

Von jetzt an wird aber auch die Verfolgung der Entwickelung derselben schwierig und von geringerem Werth, da die Mehrzahl der gegenwärtig bestehenden Typen bereits bekannt und auf ihre Vorzüge und Nachtheile hin geprüft waren. Die Weiter-Entwickelung beschränkt sich daher im Wesentlichen nur auf die Vervollkommnung der bekannten Systeme, sowohl hinsichtlich ihrer Bauart als auch hinsichtlich des Gasverbrauchs.

In den Jahren 1881 und 82 waren freilich noch wenig Früchte dieses eingehenden Studiums der Gasmaschine zu sehen, da ja die Zeit zu kurz war, um greifbare Erfolge zur Reife zu bringen. Erst vom Jahre 1883 an kamen vielfache Neuerungen auf, deren Zahl fortwährend wuchs.

In den Jahren 1881—85 sind die Bestrebungen wesentlich darauf gerichtet, an Stelle der Viertakt-Kompressionsmaschinen Zweitaktmaschinen zu bauen.

Die besten Systeme der Gruppe A der zweiten Klasse entstanden in jener Zeit, ebenso wie mehrere des gemischten Systems, welche noch heute in Gebrauch sind.

Auch verschiedene Verbundmaschinen und Maschinen, welche mit karburirter Luft aus Benzin und gewöhnlichem Petroleum betrieben wurden, entstanden in dieser Zeit, ebenso stammt aus dieser Periode die Maschine von Griffin (1883), die erste aller Maschinen der Gruppe C der zweiten Klasse, welche in der Praxis zufriedenstellend gearbeitet hat.

Auch baute um diese Zeit Lenoir seine erste Kompressionsmaschine mit karburirter Luft zum Betriebe von Land- und Wassertransportmaschinen. Kurz, man kann sagen, dass die Periode von 1881—1885 für die Entwickelung der Gasmaschine die fruchtbarste gewesen ist.

Die Ausstellung zu Antwerpen im Jahre 1885 brachte nichts wesentlich Neues. Zahlreich vertreten waren auf ihr die Maschinen von Otto, Bénier, Körting, Stockport, Warchalowski, Benz u. s. w. Sie folgte jedoch der Ausstellung vom Jahre 1881 zu rasch, als dass wesentliche Fortschritte in der Entwickelung der Gasmaschine möglich gewesen wären.

Die zahlreichen Versuche bezüglich des Betriebes der Maschinen mit karburirter Luft, minderwerthigen Gasen u. s. w., sowie bezüglich der Anwendung derselben für Land- und Wasserfahrzeuge waren noch zu neu und unvollständig. Erst die Weltausstellung des Jahres 1889 gab wieder ein Bild der Fortschritte seit der elektrischen Ausstellung des Jahres 1881.

Eine Beschreibung der auf dieser Ausstellung vertretenen Gasmaschinen soll die weitere Entwickelung in den Jahren 1885—1889 darlegen, da eine bis ins Einzelne gehende Entwickelungsgeschichte dieser Zeit in Anbetracht der mit rapider Geschwindigkeit wachsenden Zahl von Patenten, der Verschiedenheit der Konstruktionen und der Anwendungen kaum durchführbar sein dürfte. Auch war die Mehrzahl der in dieser Zeit erfundenen Maschinen auf der Pariser Ausstellung vertreten. Eine grosse Anzahl derselben war auf das ganze Ausstellungsgebiet vertheilt, um den verschiedensten Zwecken zu dienen, während ein gleichfalls nicht geringer Theil derselben an verschiedenen Orten zu grösseren Gruppen vereinigt war.

Am wichtigsten war vor allen Dingen die Maschinenhalle, wo hauptsächlich Maschinen für elektrische Beleuchtung aufgestellt waren. Vertreten waren hier: in der englischen Abtheilung die Maschinen von Otto-Crossley, Taylor, Griffin und Martini; in der amerikanischen Abtheilung der Baldwin-Motor; in der französischen Abtheilung die Maschinen von Otto, Lenoir, Bisshop, Bénier, Durand, Ravel, Benz, Forest, Charon, Niel, Tenting, Laviornery, Etincelle, Körting, Mire und der Simplex-Motor.

Die Mehrzahl dieser Maschinen waren Kompressionsmaschinen, nur diejenigen von Bisshop, Bénier und Laviornery gehörten dem gemischten System an.

Wenig vertreten waren die Zweitakt-Maschinen des Clerk'schen Systems, nur diejenigen von Taylor, Ravel, Baldwin, Mire und Benz gehörten hierher.

Unter den Kompressionsmaschinen waren zum ersten Mal Maschinen für Leistungen unter $^1/_2$ PS. zu sehen, so von Otto, Otto-Crossley, Noel und Mire, von welchen die 3 ersten der Gruppe A der zweiten Klasse, die letzte der Gruppe B angehörten.

Die Ausstellung der französischen Gesellschaft für den Bau Otto'scher Gasmaschinen war eine der grossartigsten, und umfasste eine grosse Anzahl stehender und liegender Kompressionsmaschinen mit 1, 2 und 4 Cylindern von $^1/_8$ bis 100 PS. Eine Anzahl dieser Maschinen, darunter eine 100pferdige mit 4 Cylindern, dienten zur elektrischen Beleuchtung der Maschinenhalle. Den gleichen Zweck verfolgte eine 12pferdige Kompressionsmaschine von Lenoir mit 2 Cylindern, welche von der Pariser Gasbeleuchtungsgesellschaft ausgestellt war.

Maschinen der Systeme Baldwin, Ravel und Charon betrieben gleichfalls Dynamomaschinen, jedoch war das von ihnen erzeugte Licht nicht für die Maschinenhalle, sondern für die Einzelgebäude, wo sie aufgestellt waren, bestimmt. Andere Maschinen, wie diejenigen von Baldwin und Otto-Crossley, betrieben Pumpen, Winden etc.

Ausserhalb der Maschinenhalle, in der belgischen Ausstellung, war ein sehr merkwürdiger Gasmotor von Ragot zu sehen, welcher durch gewöhnliches Petroleum betrieben wurde. Diese Maschine leistete 3 PS. und betrieb eine Dynamomaschine zur vollsten Zufriedenheit.

Im Kellergeschoss des Pavillons der Pariser Gasbeleuchtungsgesellschaft waren ferner mehrere Maschinen der Systeme Tenting, Forest, Otto, Ravel, Benz und Lenoir aufgestellt, welche mit gewöhnlichem Leuchtgas betrieben wurden. Alle diese Maschinen liefen leer, mit Ausnahme der letzten, welche eine zum Laden von Akkumulatoren bestimmte Edison'sche Dynamomaschine betrieb. Sie hatte 2 Cylinder und eine Leistung von ca. 8 PS.

Im Pavillon der Anwendung des Petroleums, am Ufer der Seine, befanden sich Maschinen von Benz, Daimler, Mire, Noel, Tenting, Otto und Lenoir, welche entweder durch karburirte Luft oder Petroleumdämpfe betrieben wurden, deren Erzeugung entweder durch besondere Karburir-Apparate oder durch gewöhnliche, auch für Beleuchtungszwecke gebrauchte Apparate geschah.

Von den Benz'schen Motoren waren zwei vorhanden, deren einer durch karburirte Luft betrieben wurde, während der andere die gewöhnliche Konstruktion mit Kompressionspumpe besass und mit Leuchtgas arbeitete. Der letztere betrieb eine Kapselpumpe, während der Daimler'sche Motor eine Dynamomaschine, die Motore von Lenoir und Noel endlich Luftpumpen

betrieben. Ausserdem befand sich in diesem Pavillon ein mit karburirter Luft betriebenes Benz'sches Strassen-Fuhrwerk.

In einem am Quai gelegenen Schuppen neben dem vorbesprochenen Pavillon war noch eine Reihe der verschiedensten Maschinen zu sehen, so diejenigen von Noel, Otto, Tenting und Forest, welche durch mit Petroleumdämpfen karburirte Luft betrieben wurden, der „Sicherheits-Motor", betrieben durch gewöhnliches Petroleum, ein durch karburirte Luft betriebener Strassenbahnwagen und eine Lokomobile nach dem System Lenoir. Der „Sicherheits-Motor" betrieb je nach Bedarf eine Rotationspumpe oder eine Dynamomaschine. Eine der Maschinen von Forest war nach dem bereits besprochenen System mit selbstthätiger Umsteuerung gebaut, während eine andere, die erste Maschine desselben Erbauers, dem gemischten Systeme angehörte.

Eine andere, sehr interessante Gruppe war die folgende.

In einem neben dem vorerwähnten Schuppen liegenden Raume befanden sich Pumpen und andere hydraulische Maschinen, welche von einem mit minderwerthigen Gasen arbeitenden, eincylindrischen Simplex-Motor von 100 PS. betrieben wurden. Der letztere war von der Firma Powell in Rouen ausgestellt und dürfte wohl die erste eincylindrische Maschine von solcher Leistung sein, welche überhaupt gebaut ist. Ihr Gang war ziemlich gleichmässig, wenn auch etwas geräuschvoll. Zu Beginn der Ausstellung wurde diese Maschine durch minderwerthige Gase betrieben, welche in einem besonderen Gaserzeuger, System Leucauchez, erzeugt waren. Da jedoch die Resultate, welche mit diesem Gas erzielt wurden, wenig befriedigend waren, so wurden an Stelle dieses Gaserzeugers zwei Dawson-Gasapparate gesetzt und die Maschine mit Wassergas betrieben. Die Resultate wurden hierdurch günstiger, obgleich die Einrichtung der Dawson-Gasapparate noch manches zu wünschen übrig liess.

Ausser dem Simplex-Motor wurde noch ein 20pferdiger, in einem benachbarten Raume aufgestellter Otto'scher Gasmotor gleichfalls mit Dawson-Gas betrieben. Am gleichen Orte befanden sich ferner noch zwei mit Leuchtgas betriebene, für Beleuchtungszwecke bestimmte Lenoir'sche Maschinen.

In einem zur Marineausstellung gehörigen Dock befanden sich fünf durch Gasmotore der Systeme Lenoir, Daimler, Tenting und Benz betriebene Boote. Alle diese Motoren wurden durch von den Maschinen selbst erzeugte, karburirte Luft betrieben. Die Maschinen von Daimler und Tenting waren nach dem Hammersystem gebaut, während die anderen liegende Maschinen waren. Die Umsteuerung erfolgte durch Reibungskuppelungen mit Ausnahme des Tenting'schen Bootes, bei welchem dieselbe durch eine Schraube bewirkt wurde.

Der vorstehende kurze Ueberblick über die interessante Ausstellung von Gasmaschinen zeigt, welche grossen Fortschritte im Bau der letzteren seit dem Jahre 1881 gemacht worden waren.

Während vor dem Jahre 1881, wie bereits mitgetheilt wurde, die Gasmaschine als eine zwar sehr sinnreiche, aber kostspielige Maschine angesehen war, welche zwar für manche besondere Fälle und namentlich für geringen Kraftverbrauch wohl geeignet aber unfähig war, eine gleichmässige und regelmässige grössere Arbeit zu verrichten, hatte die Pariser Elektricitätsausstellung vom Jahre 1881 mit ihren zahlreichen Gasmaschinen von zusammen 200 PS. für elektrischen Betrieb, mit einzelnen Ausführungen bis zu 50 PS., mit einem Gasverbrauch von nur 1000 l für ein Stundenpferd, dazu beigetragen, diese Vorurtheile gegen die Gasmaschinen zu entkräften und theilweise zu beseitigen. Trotzdem hielt man die Gasmaschine, obwohl für eine dauernde gleichmässige Arbeitsleistung, namentlich für elektrische Beleuchtung, recht geeignet, doch noch für grossen Kraftbedarf für zu theuer.

Auch die Antwerpener Ausstellung vom Jahre 1885 konnte dieses Urtheil nicht beseitigen.

Zwar wurden schon manche bessere Resultate bekannt, jedoch waren dieselben noch selten und fanden nicht allgemein Anklang.

Erst die Pariser Ausstellung vom Jahre 1889 gab ein Gesammtbild aller neueren Fortschritte. Zum ersten Mal waren dort die verschiedensten Systeme zusammengestellt und lieferten eine Gesammtkraft von nahezu 400 PS., wovon ungefähr die Hälfte zum Betriebe von Dynamomaschinen, und ungefähr 150 PS. zum Betriebe der verschiedenartigsten Maschinen, besonders von Pumpen verbraucht wurden. Zum ersten Male sah man hier ferner eine ausgedehnte Anwendung des Dawsongases, welches ca. 120 PS. lieferte, der karburirten Luft (sowohl durch Benzin als auch durch gewöhnliches Petroleum) für ca. 20 PS., ferner zwei Arten von 100 pferdigen Maschinen, sowie endlich eine grosse Anzahl von Maschinen für Lokomobil-, Lokomotiv- und Schiffsbetrieb.

Der Gasverbrauch, welcher auf den früheren Ausstellungen nicht unter 1000 l für ein Stundenpferd gesunken war, betrug bei gleichen Verhältnissen weniger als 600 l. Die Anwendung karburirter Luft und minderwerthiger Gase, mit welchen die Maschinen zufriedenstellend arbeiteten, ermöglichten eine sehr vielseitige und auch für grosse Kräfte geeignete Anwendung. Hand in Hand mit der Verminderung des Gasverbrauchs ging der Umbau, die Vereinfachung und Verbesserung der einzelnen Organe der Gasmaschine, wodurch dieselbe gleichzeitig kräftig, einfach und leicht zu behandeln wurde.

Die Unbestimmtheit, welche so lange Zeit im Bau der Maschine zu beobachten gewesen war, verschwand, und sowohl die theoretischen Untersuchungen der Gelehrten als auch die praktischen Versuche der Konstrukteure haben gezeigt, welche Wege einzuschlagen und welche Organe speziell am vortheilhaftesten für die verschiedenen Zwecke anzuwenden seien.

Die besagte Ausstellung, auf welcher die Mehrzahl aller bekannten Systeme der Welt vertreten waren, enthielt jedoch keine einzige Maschine der dritten Klasse (Verbrennungsmaschine mit Verdichtung der Ladung) und nur vier Vertreter des gemischten Systems ohne Kompression, und zwar die Maschinen von Bisshop, Forest, Laviornery und Bénier, von welchen

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

die neuste aus dem Jahre 1883 stammte und nur die letzte, von Bénier, im Betrieb war.

Es scheint demnach, dass die Maschinen der dritten Klasse vollständig fallen gelassen sind und diejenigen der ersten nach und nach ebenfalls dahin gelangen werden.

Die letzteren hielten sich namentlich für schwache Leistungen noch durch ihre Einfachheit und als die lange Zeit einzigen, für so kleine Leistungen bestimmten Maschinen. Gegenwärtig aber, wo eine nicht geringe Anzahl von einfachen und ökonomisch arbeitenden Maschinen mit Kompression dem Kleingewerbe zu Gebote steht, scheint es zweifellos, dass die Maschinen ohne Kompression bald ganz verschwinden werden. Waren doch in Paris zum ersten Male Kompressionsmaschinen ausgestellt, deren Leistung in einigen Fällen nur $^1/_8$ PS. (ca. $9^1/_2$ mkg) betrug (Otto, Noël, Mire).

Verschiedene der oben erwähnten Maschinen waren ganz neu und erschienen zum ersten Male auf der Bildfläche.

Welche Zukunft ihnen beschieden ist, lässt sich nicht vorhersagen, viele werden nach kurzer Zeit zweifellos wieder verschwinden. Indessen ist ihr Auftreten doch interessant, weil sie die Bestrebungen der Konstrukteure erkennen lassen.

Wie bereits bemerkt, scheinen nämlich nur noch die Maschinen der zweiten Klasse mit Verdichtung der Ladung und Explosion gebaut zu werden, von welchen wieder diejenigen der ersten Gruppe mit Viertakt den Vorzug geniessen.

Im Jahre 1885 waren die Maschinen der Gruppe B der zweiten Klasse, welche bei jeder Umdrehung eine Zündung hatten, dank ihrem regelmässigen Gang in hohem Ansehen. Seitdem jedoch die Maschinen der Gruppe A dieser Klasse, nachdem sie mehrfach verbessert und mit zwei Cylindern versehen sind, fast ebenso gute Resultate wie die Zweitaktmaschinen liefern, scheinen die letzteren in ihren Erfolgen zurückzubleiben.

Was die äussere Anordnung anbetrifft, so ist die grosse Verbreitung der stehenden Maschinen für Leistungen bis zu 10 PS. bemerkenswerth, bei welchen der Cylinder im unteren Ende des Gestells liegt. Auch die liegenden Maschinen mit freitragenden Cylindern geniessen noch immer grosse Beliebtheit, hauptsächlich jedoch für grosse Kräfte und die Anwendung mehrerer Cylinder.

Bemerkenswerth ist ferner, dass die Schieber sowie die Zündungen durch Vermittelungs-Flammen fast ganz fallen gelassen sind.

Die neuesten Schieberkonstruktionen, welche auf der Ausstellung im Jahre 1889 zu sehen waren, stammten aus dem Jahre 1884 und waren nur spärlich vertreten und beschränkten sich fast nur auf Maschinen ohne Kompression, waren meistens Flachschieber und hatten hin- und hergehende Bewegung. Eine Anzahl von Maschinen ferner, welche früher mit Schiebern arbeiteten, zeigten denselben nicht mehr, wie die Maschinen von Lenoir der

zweiten Klasse und die neueren Maschinen von Crossley, sowie diejenigen von Otto.

Nur eine einzige, neuerfundene Schiebermaschine, diejenige von Niel, war ausgestellt. Dieselbe hatte einen konischen Drehschieber. Dieser einzige Versuch, der obendrein nicht einmal zu billigen war, steht mit den allgemeinen Bestrebungen und Tendenzen im Widerspruch.

Als Abschlussorgane werden fast nur noch Ventile, selbstthätige oder von der Maschine bewegte, verwandt.

Am meisten beliebt scheint gegenwärtig die elektrische Zündung zu sein und zwar jene mit einer Batterie und Induktionsrolle.

Die Zündung durch Glührohr scheint indessen der elektrischen Zündung in Zukunft starke Konkurrenz machen zu sollen.

Wie aus dem bisher Gesagten erhellt; sind die Fortschritte der letzten Jahre im Wesentlichen Verbesserungen von bereits Bestehendem gewesen. Einzelne Neuerungen wurden indessen gleichfalls versucht, so von Charon, Daimler und Forest.

Der erstere suchte den Maschinen der Gruppe A der zweiten Klasse dadurch einen ökonomischeren und gleichmässigeren Gang zu verschaffen, dass er stärkere Expansion einführte und dieselbe durch den Regulator beeinflusste, also veränderlich machte.

Es ist wunderbar, dass diese Art der Regulirung, obwohl sie bei den Dampfmaschinen seit langer Zeit angewandt wird, nicht schon früher bei den Gasmaschinen Eingang gefunden hat. In Anbetracht der guten Erfolge, welche mit ihr erzielt sind, kann man wohl annehmen, dass sie in Zukunft immer mehr zur Anwendung kommen wird.

Der zweite der oben genannten Erfinder, Daimler, suchte das Gewicht und die Grösse der Motoren beträchtlich zu verkleinern. Er hat dies Ziel durch Anwendung eines sehr reinen Gasgemisches und Einführung einer sehr grossen Geschwindigkeit der Maschine vollkommen erreicht.

Während das Gewicht und der Raumbedarf der Gasmaschinen ihrer Anwendung für manche besondere Zwecke häufig hindernd im Wege standen, hat Daimler bewiesen, dass man beides wesentlich verringern kann.

Die Maschinen mit Umsteuerung sind bereits seit längerer Zeit versucht worden, aber sie waren stets zu komplizirt und belohnten die auf sie verwandten Mühen nicht mit Erfolg. Erst in allerneuester Zeit hat Forest eine Konstruktion ersonnen, welche bereits oben kurz beschrieben worden ist und als erste befriedigende Lösung dieser Frage angesehen werden kann.

Zeigte die Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 einen wesentlichen Fortschritt in der Entwickelung der Gasmaschinen, so lässt sich dies von dem auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893 gegebenen Bild der Gasmaschinenindustrie wohl kaum behaupten, da wesentlich Neues auf derselben nicht geboten war, sondern nur einige interessante konstruktive Aenderungen an den gebräuchlichen Viertaktmaschinen, ihrer Steuerung und

Regulirung, sowie an mehreren, nach dem Zweitakt arbeitenden Maschinen der Gruppe B der II. Klasse zu verzeichnen sind. Bemerkenswerth ist indessen die fast ausschliessliche Verwendung von Ventilen bei allen ausgestellten Maschinen und das fast vollständige Verschwinden der Schieber, ferner die gleichfalls fast allgemein zur Ausführung gelangte Anwendung der Glührohr- und elektrischen Zündungen an Stelle der Flammenzündungen, und endlich die Ausstellung einer grossen Anzahl, zum Theil recht interessante Konstruktionen zeigender Petroleum-, Gazolin- und Benzinmotoren für den Betrieb von Land- und Wasserfahrzeugen. Man kann wohl sagen, dass gegenwärtig das Problem der Anwendung der Gas- bezw. Petroleum- und Benzinmotoren auf das Land- und Wassertransportwesen, sowie der Bau brauchbarer Lokomobilen für die Bedürfnisse der Landwirthschaft im Vordergrund des Interesses aller Gasmotorenfabrikanten steht, und dass die Lösung dieser Frage auf der Chicagoer Weltausstellung allerdings bedeutende Fortschritte aufweist, indem bereits eine grosse Anzahl der ausgestellten Maschinen den besagten Zweck in zufriedenstellender Weise erfüllten. Während auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1889 hauptsächlich Frankreich und England vertreten war, nahm in Chicago natürlich die Ausstellung der amerikanischen Firmen den ersten Platz ein, nach welchen Deutschland mit fünf und England mit drei, dagegen Frankreich und Russland mit nur je einem Aussteller kam.

Von amerikanischen Firmen waren die folgenden vertreten:

Die Otto-Gas Engine Works (vorm. Schleider, Schumm u. Co.) in Philadelphia, die Webster Mfg. Co., die Rider Engine Co., die Rice-Whitacre Mfg. Co., die Firmen Thomas, Kane u. Co. und H. W. Caldwell & Sons Co., sämmtlich in Chicago, die Gas Engine & Power Co., sowie die National Meter Co. in New-York, die Sintz Gas Engine Co. in Grand Rapids, die Firma Priestman u. Co. in Philadelphia und endlich die White & Middleton Gas Engine Co. in Baltimore. Von Deutschland hatten die folgenden Firmen Motoren gesandt: Fr. Krupp-Grusonwerk in Magdeburg-Buckau, die Daimler Motorengesellschaft in Cannstatt, die Gasmotorenfabrik Deutz in Deutz und die Firmen Ph. Swiderski und J. M. Grob u. Co. in Leipzig.

Von englischen Firmen sind die drei folgenden zu nennen:

J. Baker u. Sons und die Roots-Economic Gas Engine Co. in London und R. Hornsby u. Sons in Gratham. Die Firma Rouart Frères u. Co. in Paris hatte eine Lenoir'sche Maschine ausgestellt, während Ludwig Nobel in Petersburg mit einem Petroleummotor erschienen war. Die Konstruktionen der in Chicago vertretenen deutschen Firmen, sowie einiger amerikanischer Firmen werden in Folgenden ausführlicher beschrieben werden, weshalb das über die Chicagoer Ausstellung Gesagte hier genügen mag.

Auch die gegenwärtige Weltausstellung zu Antwerpen zeigt keine bemerkenswerthen Fortschritte im Gasmotorenbau. Vertreten sind auf derselben nur wenige deutsche und französische Firmen, unter ersteren Gebr. Körting in Hannover, M. Hille in Dresden, die Gasmotorenfabrik Deutz,

J. M. Grob in Leipzig, Molitor u. Co. in Heidelberg, Deneffe u. Co. in Lüttich, H. Daelstaen in Brüssel und G. Ragot in Brüssel.

Erwähnenswerth ist ferner die Gasmotorenanlage zum Betriebe der Dynamomaschine für das zwischen der Ausstellung und der Antwerpener Börse verkehrende lenkbare Luftschiff.

Im Stationsgebäude befinden sich zwei Fielding-Zwillingsmotoren von zusammen 200 PS., welche durch Dowson-Gas betrieben werden, das in einer, gleichfalls im Stationsgebäude befindlichen Dowson-Anlage erzeugt wird. —

Man darf wohl behaupten, dass gegenwärtig die Gasmaschine in einer grossen Anzahl von Fällen die Konkurrenz mit der Dampfmaschine aufnehmen kann. Wie bereits früher, so bieten auch gegenwärtig die Gasmaschinen für kleine Kräfte manche Vortheile gegenüber den Dampfmaschinen, nur sind diese Vortheile gegen früher noch bedeutend vermehrt. Aber auch für grössere Leistungen stehen Maschinen, welche von minderwerthigen Gasen betrieben werden können, zur Verfügung, deren Resultate derartige sind, dass sie die Konkurrenz mit der Dampfmaschine ohne Weiteres aushalten können.

Hierzu kommt, dass die Gasmaschine überall aufgestellt werden kann, da das zu ihrem Betrieb erforderliche minderwerthige Gas oder die karburirte Luft an Ort und Stelle selbst erzeugt werden kann.

Für die Transportmaschinen endlich sind die mit karburirter Luft arbeitenden Maschinen berufen, wichtige Dienste zu leisten, sobald sie nur genügend vervollkommnet sein werden.

Die neue praktisch vollkommen brauchbare Wärmekraftmaschine, welche wir somit gegenwärtig in der Gasmaschine besitzen, ist mit grosser Schnelligkeit zur gegenwärtigen Stufe ihrer Vollendung gelangt, wie die folgende Betrachtung zeigt.

Im Jahre 1860 verbrauchte die erste, wirklich leistungsfähige Gasmaschine 2500 l Gas und 150 l Kühlwasser für ein Stundenpferd, während der Charon-Motor im Jahre 1889 unter den gleichen Verhältnissen mit 550 l Gas und 20 l Kühlwasser auskam. In weniger als 29 Jahren hat sich somit der Gasverbrauch um ungefähr $^4/_5$ und der Wasserverbrauch um mehr als $^6/_7$ verringert. Diese Erfolge sind im höchsten Grade erstaunlich, und wenn die Vervollkommnung der Gasmaschinen in gleichem Maasse fortschreitet, gehen dieselben schon in nächster Zeit einer sehr glänzenden Zukunft entgegen.

Wie bereits früher erwähnt, haben sie sich zunächst das Gebiet des Land- und Wassertransportwesens zu erobern, nachdem es ihnen gelungen ist, sich für stationäre Anlagen den Dampfmaschinen würdig zur Seite zu stellen, ja dieselben vielfach bereits zu verdrängen. Aber auch die Lösung des Problems der Luftschifffahrt ist von der Vervollkommnung der Gasmotoren abhängig und kann an jenem Tage als erfolgt betrachtet werden, an welchem derselben ein möglichst leichter, mit möglichst vollkommener Expansion, also bester Ausnutzung der Brennstoffe arbeitender Motor zur Verfügung steht. Dass zur Vervollkommnung der Gasmaschine nach dieser Richtung

hin aber nicht nur konstruktive Aenderungen der Steuerungen und Regulirungen, wie sie gegenwärtig fast ausschliesslich vorgenommen werden, sondern Verbesserungen des Kreisprozesses an sich führen müssen, ist bereits am Ende des ersten Kapitels hervorgehoben worden. Nach dieser Richtung hin ist als wesentlichster Fortschritt der letzten Jahre der Diesel-sche Vorschlag zu bezeichnen, und wenn auch sein, voraussichtlich mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen zu betreibender, rationeller Wärmemotor[1]) noch nicht über das Versuchsstadium hinausgegangen ist, so wird doch zweifellos die Entwickelung der Gasmaschinen nach der von Diesel angegebenen Richtung hin erfolgen, wodurch nicht nur eine bessere Ausnutzung der Verbrennungswärme, also ein bedeutend höherer Wirkungsgrad der Kreisprozesse, sondern auch eine beträchtliche Reduktion des Gewichts und Raumbedarfs der Gasmaschinen herbeigeführt werden wird.

[1]) Der rationelle Wärmemotor von Rud. Diesel, Ingenieur, Berlin 1893, Verlag von J. Springer.

Viertes Kapitel.

Beschreibung der Gasmaschinen.

Wie alle wichtigeren Erfindungen so haben auch die Gasmaschinen, wie im vorigen Kapitel gezeigt wurde, eine grosse Reihe von Veränderungen durchmachen müssen, ehe sie auf die heutige Stufe ihrer Vollendung gekommen sind.

Es würde unmöglich sein, eine vollständige Beschreibung aller dieser Entwickelungsstadien zu geben; vielmehr sollen nur die interessantesten derselben kurz erwähnt und im Allgemeinen nur die neuesten Ausführungen der Gasmaschinen in das Bereich der Betrachtungen gezogen werden.

A. Maschinen der ersten Klasse mit Explosion, jedoch ohne Kompression.

Doppeltwirkende Maschinen. Gegen das Jahr 1860 war die liegende Dampfmaschine in Folge ihrer einfachen und kompendiösen Anordnung namentlich für kleinere Leistungen sehr beliebt. In Folge dessen zeigen auch die ersten Gasmaschinen, welche in jener Zeit aufkamen, eine grosse Aehnlichkeit mit der ersteren.

Die ersten Gasmaschinen waren im Grossen und Ganzen nichts anderes als doppeltwirkende, für den Betrieb mit Gas eingerichtete Dampfmaschinen. Sie hatten fast dieselben Organe wie jene, nur dass dieselben den neuen Zwecken, welche sie zu erfüllen hatten, mehr oder weniger angepasst waren. Während bei den Dampfmaschinen der Dampf von selbst in den Cylinder einströmt, müssen die Gasmaschinen erst mit einem Gemisch geladen werden, welches hierauf durch seine Explosion Arbeit verrichten soll. Zu diesem Zwecke saugt der, durch die lebendige Kraft des Schwungrades nach aussen bewegte Kolben nahezu während der Hälfte seines Hubes ein Gemisch an, welches hierauf durch eine Zündung zur Explosion gebracht wird und den Kolben in seine Endstellung treibt. In Folge der hierbei im Schwungrad

aufgespeicherten lebendigen Kraft kehrt der Kolben zurück und treibt die Verbrennungsprodukte in die äussere Luft. Der Kreisprozess ist somit folgender:

Ausgang des Kolbens	widerstandleistend	1. Ansaugen des Gemisches.
	arbeitleistend	2. Explosion. 3. Expansion.
Rückgang des Kolbens	widerstandleistend	4. Austreiben der Verbrennungsprodukte in die Atmosphäre.

Da diese Maschinen doppeltwirkend waren, so vollzogen sich diese Vorgänge abwechselnd auf den beiden Kolbenseiten.

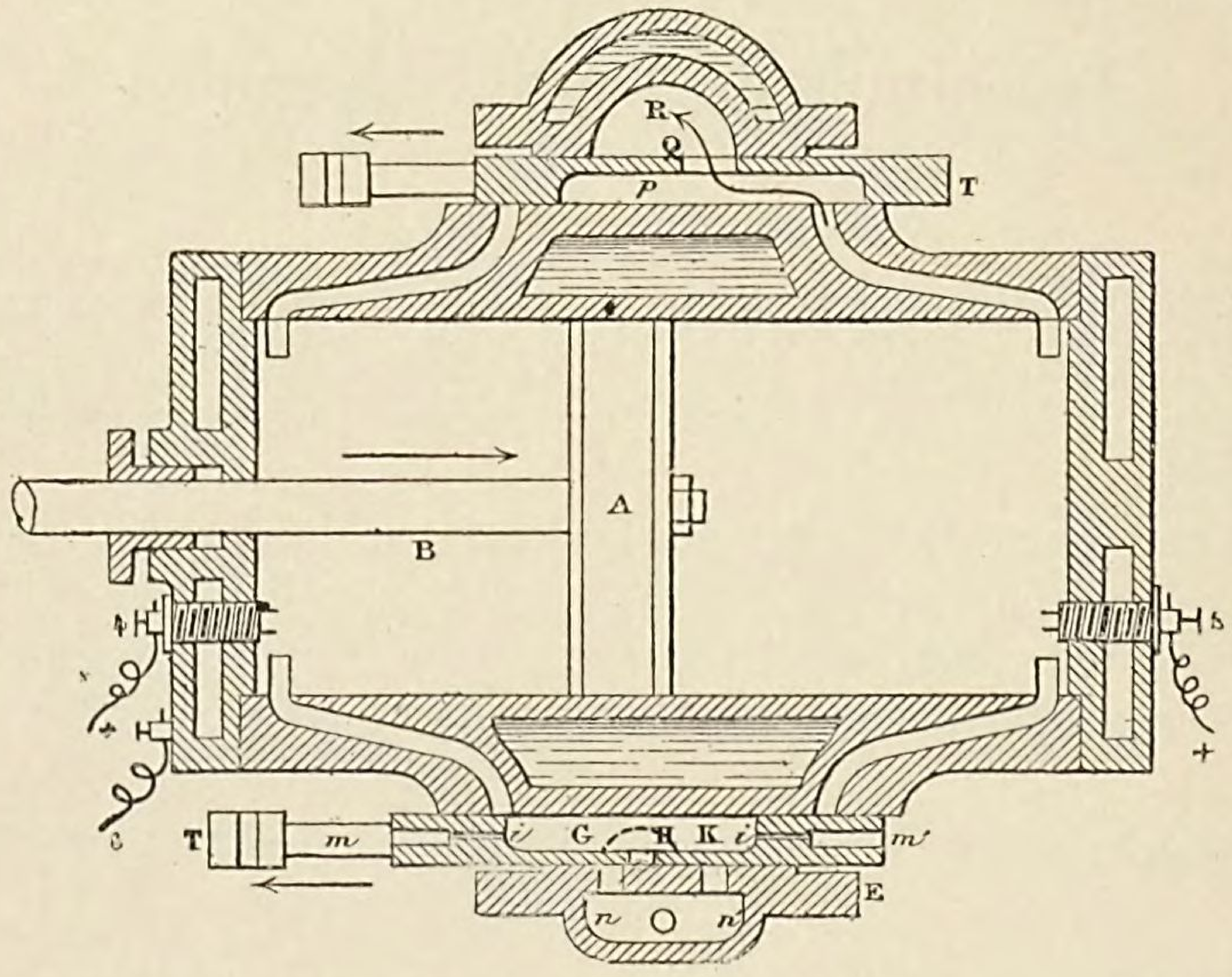


Fig. 19.

Es würde zu weit führen, näher auf diese Klasse von Maschinen, welche im Allgemeinen bereits weiter oben besprochen ist, einzugehen, vielmehr soll nur die Lenoir'sche Maschine, da dieselbe für alle späteren Maschinen bahnbrechend wirkte und daher von besonderem historischem Interesse ist, kurz beschrieben werden.

Maschine von Lenoir. Die Ausführung, welche beschrieben werden soll, stammt aus dem Jahre 1877. So viel auch in den Details dieser Maschine bis in die letzten Tage ihrer Ausführung verbessert worden ist, so zeigen doch alle Maschinen dasselbe Prinzip.

Die äussere Form ist diejenige einer doppeltwirkenden, liegenden Dampfmaschine. Die Bewegung des Kolbens A (Fig. 19) wird durch die Kolbenstange B auf einen Kreuzkopf und von hier durch eine Pleuelstange auf die Kurbelwelle übertragen. Zwei auf der letzteren angebrachte Excenter bewegen zwei Schieber, deren einer den Einlass der Ladung, der andere den Auslass der

Verbrennungsprodukte regulirt. Der Einlassschieber T ist ein Flachschieber und besitzt in der Mitte eine Mulde G, in deren Rückwand eine Oeffnung N angebracht ist, welche mit einem durchlöcherten, halbkugelförmigen Blech K bedeckt ist. Die Kammer G steht mit der äusseren Luft durch zwei kleine Bohrungen i in Verbindung, welche aussen in die grösseren Kanäle mm′ übergehen. Die Gegenplatte E des Schiebers enthält eine Kammer O, welche mit zwei Oeffnungen nn′ versehen ist und durch ein seitlich mündendes, durch einen Hahn verschliessbares Rohr mit der Gasleitung in Verbindung steht. Im Moment der Einströmung steht die Kammer O durch die Oeffnungen n oder n′ und H mit derjenigen Cylinderseite in Verbindung, auf welcher die Explosion stattfinden soll. Durch die beim Ausgang des Kolbens im Cylinder hervorgebrachte Luftverdünnung wird durch die kleinen Kanäle m, i bezw. m′ i′ Luft in den Schieber G eingesaugt, wo sich dieselbe mit dem aus den Oeffnungen des halbkugelförmigen Bleches H ausströmenden Gas mischt.

Der Auslassschieber T′ ist ebenfalls ein Flachschieber, welcher in der Mitte eine Mulde P und Oeffnung Q besitzt, durch welche im geeigneten

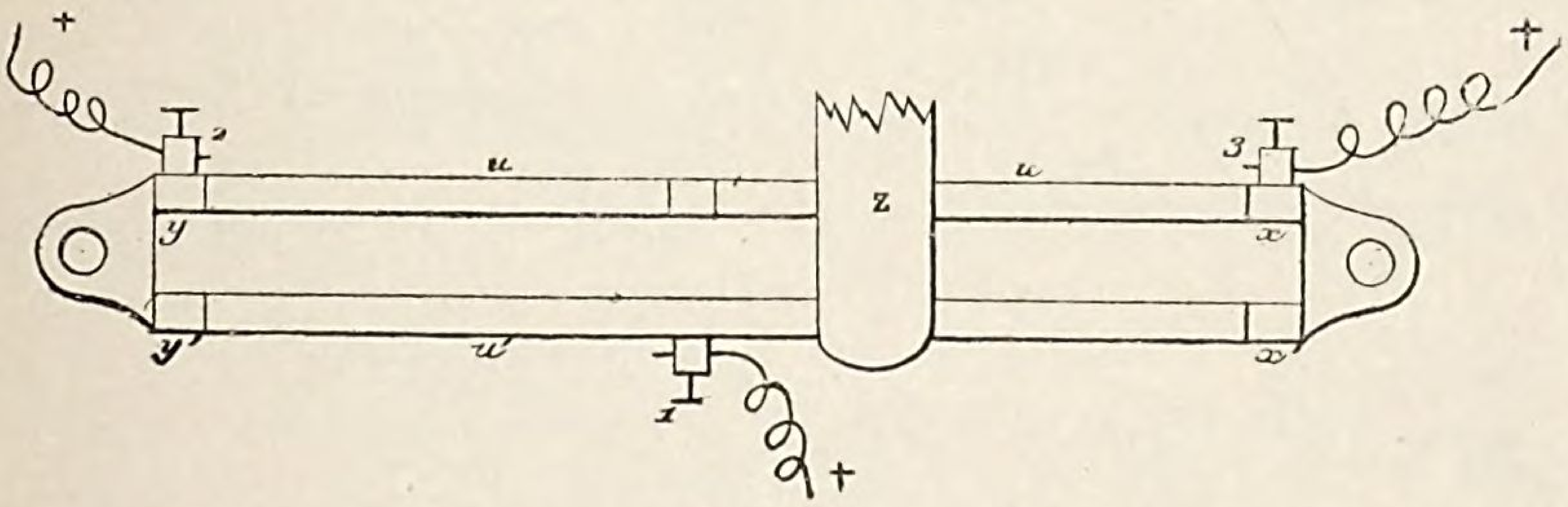


Fig. 20.

Augenblicke eine Verbindung zwischen der einen oder anderen Cylinderseite und dem Auspuffrohr R hergestellt wird.

Die Zündung erfolgte elektrisch mit Hilfe einer Rumkorff'schen Spirale, durch welche der Strom von 2 oder 3 Bunsen'schen Elementen floss. Der Funken konnte mit Hilfe eines in Fig. 20 abgebildeten, sehr sinnreichen Apparates, welcher am Gestell der Maschine befestigt war, zum Ueberschlagen gebracht werden. Derselbe bestand aus zwei isolirten, aus Metall hergestellten Stangen u und u′, welche an ihren Enden zwei Vorsprünge x x′ und y y′ von solcher Dicke trugen, dass eine an der Kolbenstange befestigte und mit ihr hin- und herbewegte Platte z beide verband, sobald sie an ihnen vorüberglitt. Die Stange u ist in der Mitte durchgeschnitten, während die Stange u′ vermittelst der Klemmschraube 1 mit dem positiven Pol der Induktionsrolle verbunden ist. Die zwei Klemmen 2 und 3 sind mit den isolirten Knöpfen 4 und 5 am Cylinder (Fig. 19) verbunden, während der negative Pol der Induktionsrolle mit irgend einem Punkt des Maschinenrahmens verbunden ist.

Hieraus geht hervor, dass die Platte z die Rolle eines Stromunterbrechers des induzirten Stromes spielt. Wenn eine Explosion stattfinden soll, berührt

sie eine der beiden Gruppen von Vorsprüngen x x′ oder y y′. Der induzirte Strom strömt dabei in die isolirte Spitze des betreffenden Knopfes 4 oder 5, der Funken springt zwischen dieser und der mit dem Maschinenrahmen in Verbindung stehenden Spitze über, worauf der Strom durch den letzteren in die Spirale zurückkehrt.

Dieser Apparat war bei den ältesten Lenoir'schen Maschinen in Gebrauch, wurde jedoch später in einen anderen umgewandelt, bei welchem die Stangen nicht mehr parallel neben einander lagen, sondern kreisförmig gebogen und durch Isolirstangen gehalten waren. Die Schleifplatte z war an der Kurbel befestigt und drehte sich mit derselben im Kreise herum.

Die Kühlung wurde durch Wassercirkulation bewirkt. Da die Lenoir'sche Maschine doppeltwirkend war, so besass sie alle Vorzüge und Nachtheile der Maschinen dieser Klasse. Der Verbrauch an Schmiermaterial und Kühlwasser war enorm, gegen 50 g Oel und 120 bis 150 l Wasser wurden für 1 Stundenpferd benöthigt. Da mehr als 50 % der entwickelten Wärme durch die Cylinderwandungen verloren gingen, war der Gasverbrauch ebenfalls ein sehr grosser und konnte nie unter 2500 l für 1 Stundenpferd heruntergebracht werden.

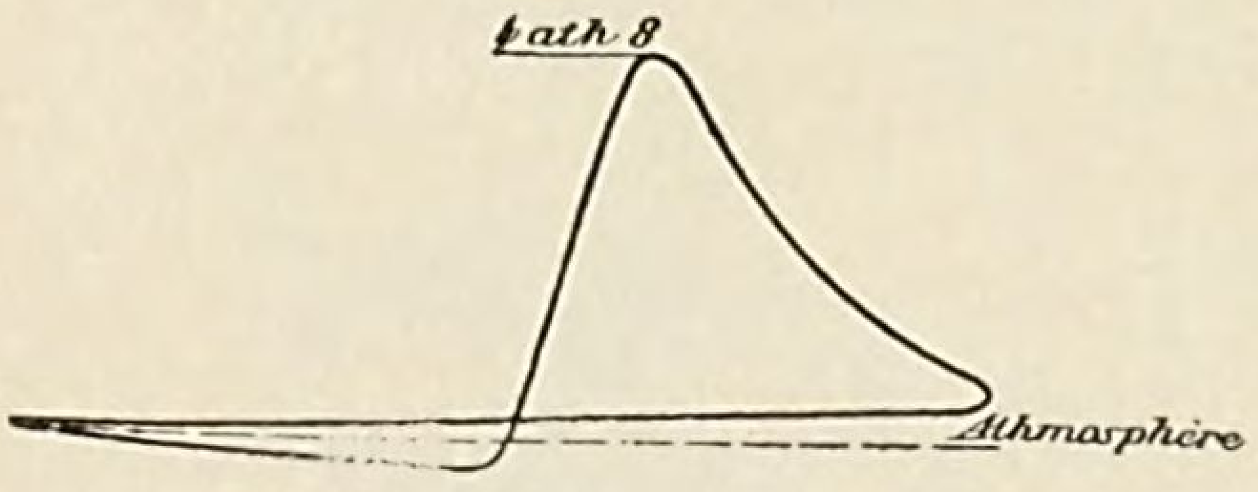


Fig. 21.

In Fig. 21 ist ein Diagramm abgebildet, welches von einer Lenoir'schen Maschine abgenommen ist. Man erkennt darin sofort zahlreiche Mängel, welche grösstentheils dem Einflusse der Cylinderwände zuzuschreiben sind. Zunächst findet das Einsaugen der Ladung bei veränderlichem Drucke statt, sodann ist die Expansion unvollkommen und mit Wärmeverlusten verbunden, während beim Auspuff ein beträchtlicher Gegendruck auftritt. Die Explosion findet bei sehr veränderlichem Volumen statt, was von noch grösserem Nachtheil als der Einfluss der Cylinderwandungen ist, da die Zündung in der Mitte des Hubes, also im Moment der grössten Kolbengeschwindigkeit stattfindet.

Bei einer Zusammensetzung des Gemisches von 1 Theil Gas auf 10 Theile Luft wurde kein höherer Druck als 4,5 Atm. erreicht, während die theoretische Berechnung 6,8 Atm. ergiebt.

So gross nun auch diese Unvollkommenheiten der Lenoir'schen Maschine sind, so muss doch als ein Vortheil hervorgehoben werden, dass dieselbe einen so ruhigen und gleichmässigen Gang hatte, wie er in der Folge von keiner Maschine übertroffen worden ist.

Atmosphärische Maschinen. Treibt man bei den Maschinen der vorbeschriebenen Art mit Hilfe irgend welcher mechanischer Vorrichtungen die Expansion so weit, dass an irgend einer Stelle des Kolbenhubes der Druck im Cylinder kleiner wird als der äussere Luftdruck, so erhält man Maschinen, welche eine ganz andere Wirkungsweise als die vorbesprochenen haben. Aus einem theilweise treibenden Hube wird der Aushub zu einem

theilweise widerstehenden und ebenso der Rückhub aus einem nur Widerstand leistenden ein theilweise arbeitverrichtender. Am Ende des Aushubes entsteht nämlich unter dem Kolben eine Luftverdünnung, in Folge deren der Kolben durch den äusseren Luftdruck zurückgetrieben wird, wobei die Verbrennungsgase auf den äusseren Luftdruck komprimirt werden. Ist derselbe erreicht, so ist die treibende Periode des Rückganges beendigt, worauf die Verbrennungsgase in die freie Luft entweichen.

Die nutzbar gemachte Kraft ist somit der äussere Luftdruck, weshalb diese Maschinen auch atmosphärische Gasmaschinen genannt werden. Ihr Kreislauf ist folgender:

Ausgang	Widerstandleistend	1. Ansaugen der Ladung;
	Arbeitleistend	2. Explosion und Expansion bis zur Atmosphäre;
	Widerstandleistend	3. Verlängerte Expansion unter den Atmosphärendruck;
Rückgang	Arbeitleistend	4. Antrieb des Kolbens durch den Atmosphärendruck und Kompression der Gase bis auf letzteren;
	Widerstandleistend	5. Austreiben der Verbrennungsprodukte.

Das Prinzip der atmosphärischen Maschine ist eines der ältesten. Wie bereits früher mitgetheilt wurde, beruhten die ältesten Pulvermaschinen auf der nämlichen Wirkungsweise. Auch der Wasserdampf sollte zur Erzeugung eines luftverdünnten Raumes und der Ausnutzung des äusseren Luftdruckes nutzbar gemacht werden, indessen findet man dies Prinzip doch hauptsächlich bei den mit einem Gemisch von Luft und Gas arbeitenden Maschinen angewandt.

In der Zeit vor dem Jahre 1860 war die sehr interessante atmosphärische Maschine von Barsanti & Matteuci gebaut (1854), welche später von Otto und Langen weiter ausgebildet wurde und die erste Maschine dieser Art war, welche in der Praxis wirklich brauchbare Dienste geleistet hat.

Die Maschine von Otto und Langen wurde im Jahre 1867 bekannt. Sie hat ausgezeichnete Resultate bezüglich ihres Gas-, Wasser- und Oelverbrauchs gegeben, hatte jedoch einen zu ungleichmässigen und geräuschvollen Gang.

Verschiedene Konstrukteure, welche durch den geringen Gasverbrauch und hohen Nutzeffekt der atmosphärischen Maschinen für dieselben eingenommen wurden, suchten ihren Gang gleichmässiger und ruhiger zu machen. Zu diesem Zwecke wandte Gilles im Jahre 1874 zwei Kolben an, welche sich in einem stehenden Cylinder in entgegengesetzter Richtung bewegten, von welchen der untere mit einer gekröpften Welle verbunden war, während der andere frei beweglich war und den Stoss der Explosion aufnehmen sollte.

Hallewell erfand im Jahre 1878 eine sehr sinnreiche Maschine, welche ähnlich wie die Maschine von Brown (1834) den Luftdruck indirekt nutzbar

machte. In einem langen, durch eine Klappe abgeschlossenen Cylinder, in welchem sich ein Kolben bewegte, fand die Explosion statt. Der hierdurch in die Höhe geworfene Kolben verdrängt die Luft aus dem Cylinder. Fällt er jedoch wieder nach unten, so erzeugt er über sich eine Luftverdünnung, welche dadurch nutzbar gemacht wird, dass dieser Cylinder mit einer der beiden Kolbenseiten einer doppeltwirkenden, genau wie eine Dampfmaschine gebauten Maschine in Verbindung gesetzt wird, während auf der anderen Kolbenseite der äussere Luftdruck wirkt.

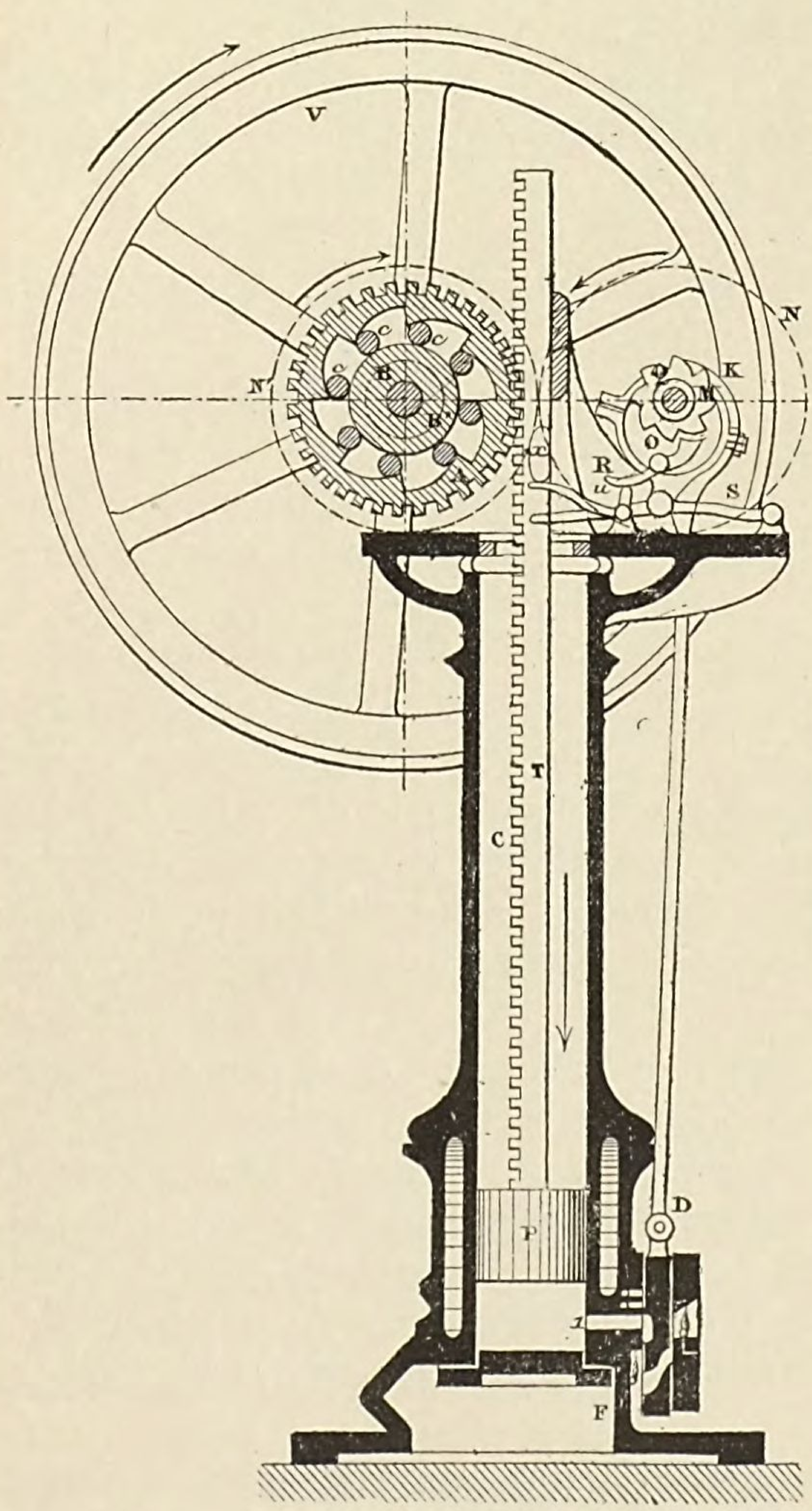


Fig. 22.

Diese beiden letzteren Maschinen liefen zwar gleichmässiger und geräuschloser als die Otto-Langen'sche Maschine, waren jedoch viel komplizirter und schwerfälliger als diese und brauchten bedeutend mehr Gas, weshalb sie auch keinen Erfolg aufzuweisen hatten.

Die atmosphärischen Maschinen sind gegenwärtig trotz ihrer Vorzüge ganz verlassen worden und haben daher nur noch geschichtliches Interesse. Als einzigste dieser Maschinen soll daher nur diejenige von Otto und Langen beschrieben werden, da dieselbe nicht nur hinsichtlich ihres vortheilhaften Betriebes, sondern auch hinsichtlich ihrer eigenartigen Konstruktion die interessanteste Maschine dieser Gruppe ist.

Maschine von Otto und Langen. Dieselbe besitzt einen sehr langen, stehenden Cylinder C (Fig. 22). Der sehr schwere Kolben P trägt als Kolbenstange eine Zahnstange T, welche die Schwungradwelle beim Niedersinken in Bewegung setzt, während der Kolben und die Zahnstange beim Aufgang vollkommen frei beweglich sind. Der Gang der Maschine ist demnach folgender:

Das am unteren Ende des Cylinders eintretende Gas- und Luftgemisch wird während eines Theiles des Aufgangs des Kolbens angesaugt. In einem

bestimmten Moment findet sodann die Explosion statt, worauf der Kolben und die Zahnstange heftig nach oben geschleudert werden, wobei anfangs die Geschwindigkeit des Kolbens zunimmt. Da auf ihn jedoch ein konstanter, äusserer Druck wirkt, und unter ihm der Druck der Verbrennungsgase allmählich sinkt, so wird er nur so hoch steigen, bis alle seine lebendige Kraft verbraucht ist. In diesem Moment herrscht aber unter dem Kolben bereits ein theilweises Vakuum, in Folge dessen der Kolben nun mit grosser Geschwindigkeit niederfällt, wobei die Gase wieder auf den äusseren Luftdruck komprimirt werden. Während dieses Theiles des Hubes allein wird Arbeit gewonnen und auf das Schwungrad übertragen. Während der zweiten Hälfte des Rückhubes werden dann die Gase aus dem Cylinder entfernt.

Otto und Langen haben die Unabhängigkeit des Kolbens von der Maschine während des Aufganges desselben mit Hilfe eines sehr sinnreichen Gesperres erreicht, dessen Prinzip kurz erklärt werden soll (Fig. 22 und 23). Die Zahnstange T steht mit einem Zahnrad A in Eingriff, welches in eigenthümlicher Weise mit der Schwungradwelle B in Verbindung steht, welche am oberen Ende des Gestells gelagert und an beiden Seiten mit dem Schwungrad bezw. einer Riemenscheibe versehen ist. Das Zahnrad A dreht sich nämlich während des Aufganges des Kolbens lose auf der Welle B, wird jedoch beim Niedergange desselben fest mit der Welle verbunden, wodurch die letztere mitgenommen, also gedreht wird. Zu diesem Zwecke ist das Zahnrad A im Innern in eine Anzahl von Abtheilungen getheilt, welche eine Art von Sperrrad bilden. In jeder dieser Abtheilungen befindet sich ein kleiner Stahlcylinder c, dessen Dicke grösser ist als der engste Zwischenraum zwischen den Zähnen des Sperrrads und dem Umfange einer Scheibe B′, welche mit der Welle B fest verbunden ist.

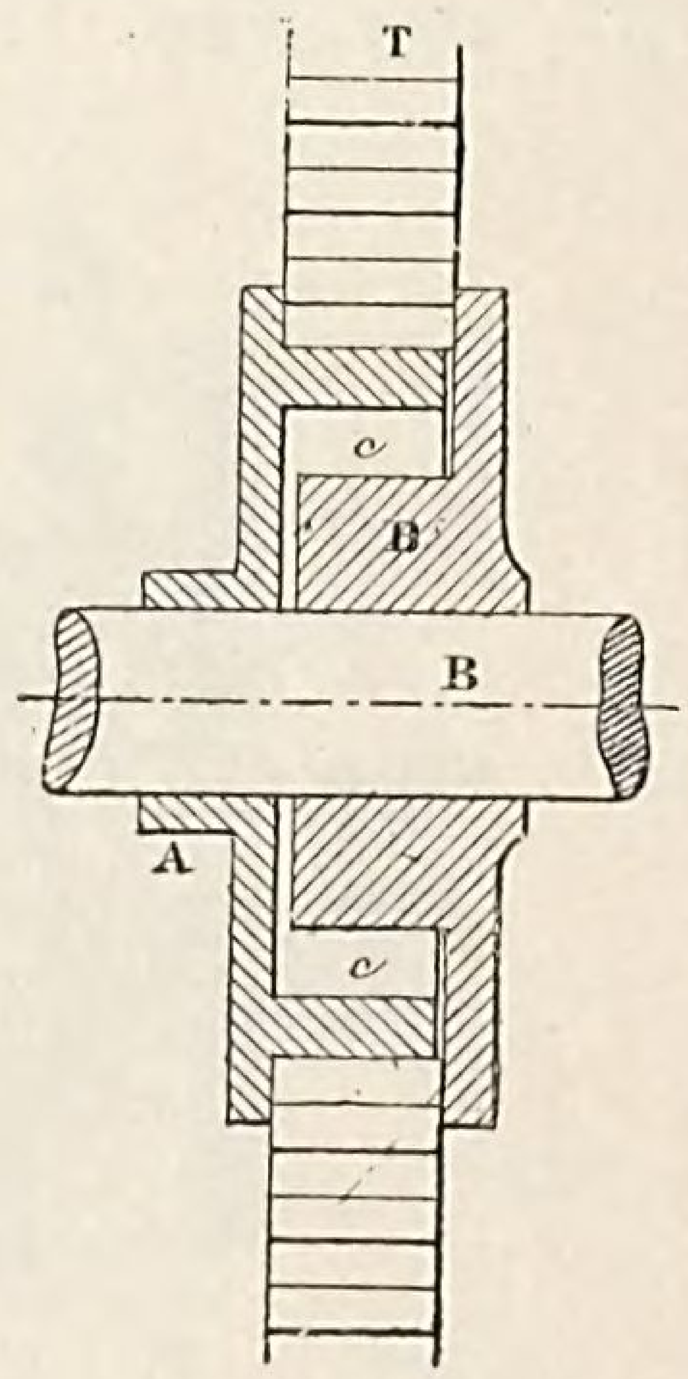


Fig. 23.

Während des Aufganges des Kolbens dreht sich das Zahnrad A von rechts nach links, das Schwungrad und die Antriebswelle aber von links nach rechts. In Folge dessen legen sich die kleinen Stahlcylinder c in die erweiterten Partien der einzelnen Abtheilungen des Zahnrades, sodass das letztere sich gegenüber der Schwungradwelle frei bewegen kann. Beim Niedergange dagegen drehen sich das Zahnrad A und die Welle B in demselben Sinne, und da im Anfange des Hubes die Geschwindigkeit des Kolbens, also auch des Zahnrades grösser als die Geschwindigkeit der Schwungradwelle ist, so werden sich die Stahlcylinder c nach einer geringen Drehung des Zahnrades zwischen die inneren Zähne des letzteren und die Scheibe B′ legen und beide miteinander verbinden.

Die Regulirung der Ein- und Ausströmung, sowie die Zündung geschieht folgendermaassen.

Der Schieber, welcher beide Thätigkeiten auszuführen hat, ist ein Flachschieber D mit hin- und hergehender Bewegung, mit einer Mulde 7 und zwei Oeffnungen 2 und 3 (Fig. 22, 24—26).

Die Mulde 7 vermittelt die Einströmung, indem sie in einem bestimmten Augenblicke eine Verbindung zwischen der Gaseinströmung g und Lufteinströmung h und dem nach dem Cylinder führenden Kanal 1 (Fig. 25) herstellt.

Die Zündung erfolgt durch den Kanal 1, die schräge Oeffnung 2 und die Zündflamme F′. Geht der Schieber nach unten, so kommt nach beendigter Einströmung ein Moment, wo der Cylinder durch den Kanal 1 und die Oeffnung 2 mit der Zündflamme F′ in Verbindung steht (Fig. 24). Hierbei entzündet sich das Gas an letzterer, die Explosion findet statt, während der Schieber noch weiter nach oben geht und jede Verbindung mit der äusseren Luft abschliesst. Da die Zündflamme durch die Explosion ausgelöscht ist,

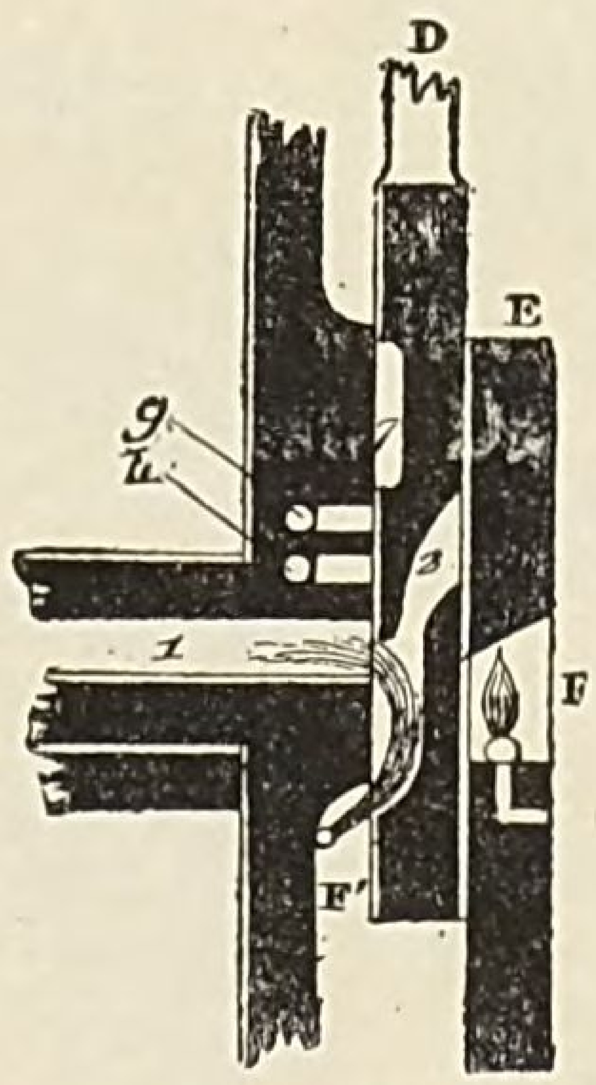


Fig. 24.

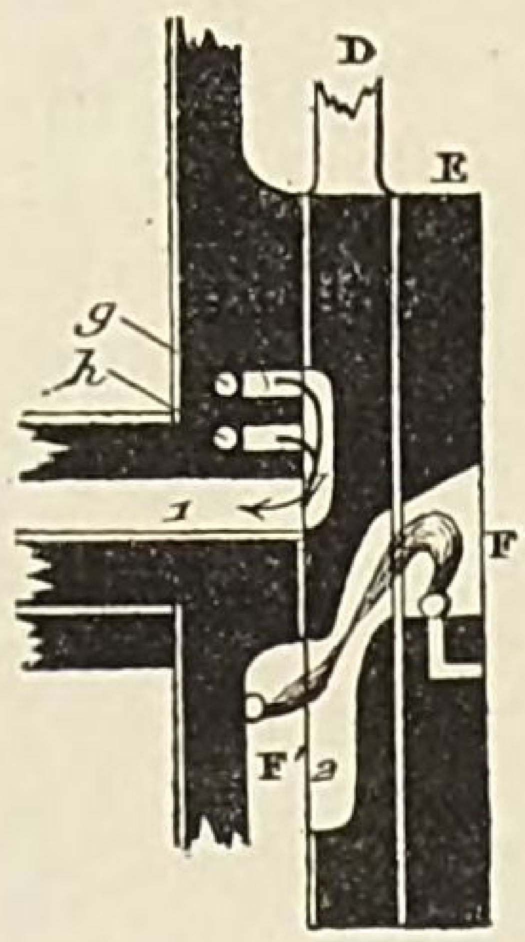


Fig. 25.

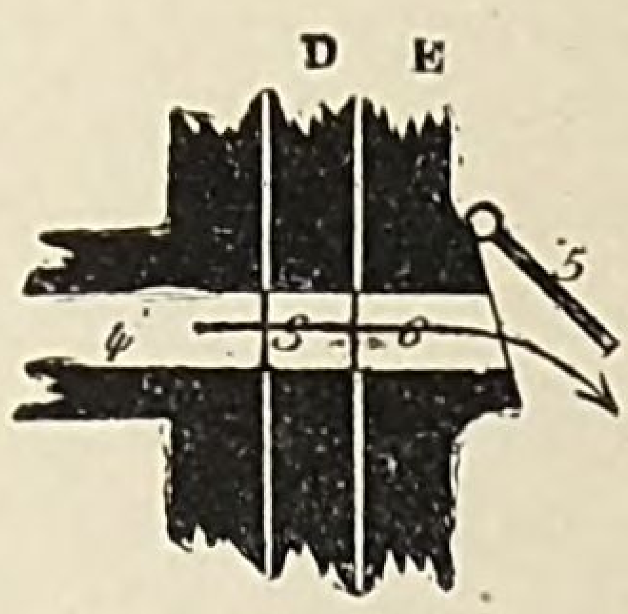


Fig. 26.

so muss sie wieder angezündet werden, was während der Einströmung an einer zweiten Flamme F durch den Kanal 2 hindurch geschieht (Fig. 25). Der Auslass wird durch die im Schieber seitlich von den Oeffnungen 1 und 2 befindliche Oeffnung 3, einen Kanal 4 des Cylinders und eine Oeffnung 6 in der Gegenplatte des Schiebers bewirkt, welche durch eine Klappe 5 gegen die Atmosphäre abgeschlossen ist (Fig. 26). In einem bestimmten Augenblicke liegen die Oeffnungen 4, 3 und 6 übereinander, die Klappe hebt sich und der Auspuff erfolgt. Um den Schieber D zu bewegen, treibt die Hauptwelle B mit Hilfe zweier gleichgrosser Zahnräder N und N′ eine zu ihr parallele Hilfswelle M (Fig. 22) an, auf welcher zwei Excenter O und K lose sitzen. Das Excenter O trägt eine Klinke R, deren eines Ende gegen einen durch eine Feder unterstützten Hebel u stösst, während das andere Ende in die Zähne eines seitlich von O auf der Welle M aufgekeilten Sperrrades eingreift. Am Ende des Niederganges des Kolbens drückt ein an der Zahnstange T befestigter Anschlag x den Hebel u nieder,

worauf die Klinke R frei wird und das Excenter mittelst des Sperrrades Q mit der Welle M verbindet. Hierdurch werden die Excenter gedreht, wobei das zweite derselben, K, den Schieber nach unten bewegt und so den Auspuff bewirkt. Ist der Kolben in seiner tiefsten Stellung angekommen, so muss er wieder gehoben werden, um das Einsaugen einer neuen Ladung zu bewirken. Da der Kolben beim Aufgange mit der Antriebswelle nicht verbunden ist, so muss die Hebung auf andere Weise erfolgen. Dies geschieht durch das zweite Excenter O. Dasselbe ist mit einem Hebel S verbunden, welcher durch den Anschlag x gleichfalls nach unten bewegt war. Bei der Drehung des Excenters hebt es vermittelst dieses am rechten Ende drehbaren und unter den Anschlag x fassenden Hebels den Kolben aus seiner tiefsten Lage wieder etwas in die Höhe, während das Excenter K den Schieber bewegt, und dadurch die Einströmung und die Zündung verursacht. Im Momente der Explosion hebt die unter dem Hebel u angebrachte Feder diesen wieder in die Höhe, letzterer rückt die Klinke R aus, worauf die Excenter wieder still stehen.

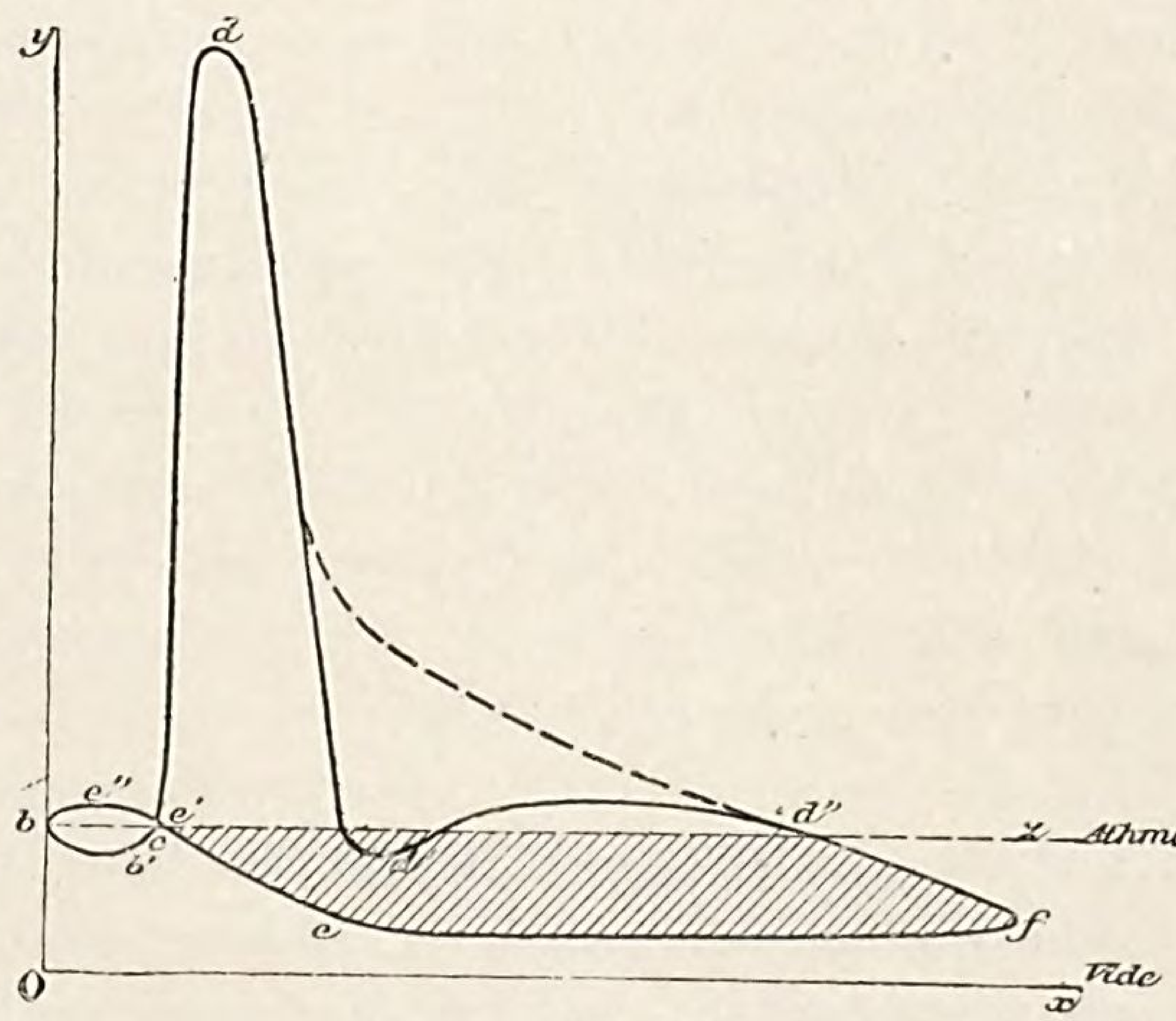


Fig. 27.

Die Geschwindigkeit der Maschine wurde durch grösseres oder geringeres Oeffnen des Gashahnes regulirt. Zuweilen wurde auch an der Auspufföffnung regulirt, wodurch die Fallgeschwindigkeit des Kolbens verlangsamt wurde.

Eine von Tresca im Jahre 1867 untersuchte Otto-Langen'sche Maschine verbrauchte 1245 l Gas für ein Stundenpferd, wobei die Leistung der Maschine etwas mehr als eine halbe PS. betrug. Ein in Deutschland im Jahre 1868 an einer Maschine von 27 bis 48 mkg angestellter Versuch ergab einen Gasverbrauch von 742 bis 834 l. Diese Resultate sind sehr beachtenswerth, und lassen sich folgendermassen erklären.

Da der Kolben sehr schwer ist, so findet die Explosion nahezu bei konstantem Volumen statt. Ausserdem wird der Kolben, da er frei ist, wie ein Geschoss in die Luft geschleudert. Eine Folge der sehr raschen Kolbengeschwindigkeit ist aber auch eine sehr momentane Expansion, wodurch der schädliche Einfluss der Cylinderwandungen während dieser Periode zum grossen Theil unschädlich gemacht wird. Man kann dies aus dem von einer Otto-Langen'schen Maschine entnommenen Diagramm, Fig. 27, leicht ersehen.

Die Explosion findet nach der Linie c d, also nahezu bei konstantem

Volumen statt, während sich die Expansion nach der Linie d d′ d″ f vollzieht. Dieselbe ist jedoch nicht normal und scheint der Punkt d′ in Folge der Federschwankungen des Indikators so tief zu liegen, die wirkliche Expansion aber in der durch die punktirte Kurve dargestellten Weise vor sich zu gehen, in welchem Falle die Expansion sowohl rasch verliefe als auch weit ausgedehnt wäre. Da die Linie f e e′ e″ b die Periode der Kompression der Gase und des Auspuffes in die Atmosphäre darstellt, so entspricht die zwischen der atmosphärischen Linie b z und der Kurve c e f d″ eingeschlossene Fläche der bei einem Spiel gewonnenen Arbeit.

Die guten Resultate der Otto-Langen'schen Maschine erklären sich somit aus der besseren Verwirklichung des theoretischen Kreisprozesses und dem ausserordentlich beschränkten Einflusse der Cylinderwandungen und des Kühlwassers während der Expansion.

Bei den Versuchen von Tresca gingen nur 6 % der gesammten entwickelten Wärme durch das Kühlwasser verloren.

Im Gegensatze hierzu ist es niemals gelungen, der Maschine einen ruhigen und gleichmässigen Gang zu verleihen. Die Anzahl der Kolbenhübe steht mit der Tourenzahl in keinem unveränderlichen Zusammenhang. So schwankte bei den oben erwähnten, in Deutschland angestellten Versuchen die Hubzahl zwischen 20 und 43, die Anzahl der Umdrehungen aber zur gleichen Zeit zwischen 40 und 106 in der Minute. Eine Folge davon ist, dass auch die Leistung der Maschine sehr beträchtlich schwankt, und man gezwungen war, zur Bewegung des Einlassschiebers besondere komplizirte Mechanismen zu ersinnen.

In Folge ihres ungleichmässigen und geräuschvollen Ganges, ihrer komplizirten und schwerfälligen Bauart ist die Otto-Langen'sche Maschine, ebenso wie alle anderen nach ihr entstandenen atmosphärischen Maschinen, fallen gelassen worden, obwohl sie einen so geringen Gas-, Wasser- und Schmierölverbrauch aufzuweisen hatte.

Gemischte Maschinen. Wie bereits erwähnt, waren die ersten Gasmaschinen doppeltwirkend, verbrauchten sehr viel Gas, Wasser und Schmieröl, hatten jedoch einen regelmässigen und geräuschlosen Gang und ein verhältnissmässig kleines Gewicht.

Die einfachwirkenden, atmosphärischen Maschinen mit frei beweglichem Kolben dagegen, welche nach ihnen kamen, hatten im Gegensatze hierzu einen sehr geringen Gas-, Wasser- und Oelverbrauch, waren dafür aber schwer, verhältnissmässig gross und hatten einen geräuschvollen und unregelmässigen Gang. Durch Zusammenfassen der beiden vorhergehenden Systeme schuf Bisshop die erste Maschine des gemischten Systems, eines Systems, dessen Maschinen einfachwirkend und meist stehend, wie die atmosphärischen Maschinen, sind, während sie von den doppeltwirkenden Maschinen die feste Verbindung zwischen dem Kolben und der Antriebswelle besitzen, welche jedoch meistens derartig hergestellt ist, dass der Kolben im Augenblicke der Explosion einigermassen frei beweglich ist.

Die Resultate der gemischten Maschinen liegen ungefähr in der Mitte zwischen denjenigen der beiden anderen Systeme. Der Gasverbrauch schwankt zwischen 1400 und 1850 l für 1 St. PS., anstatt 800 l bei einigen atmosphärischen Maschinen und 2500 l, dem kleinsten Gasverbrauch der doppeltwirkenden Maschinen. Hinsichtlich des Gewichtes, der Grösse, des gleichmässigen und geräuschlosen Ganges stehen sie gleichfalls zwischen den beiden vorhergehenden Systemen.

Der Kreisprozess geht gleichfalls ähnlich vor sich. Der äussere Luftdruck soll während eines Theiles des Rückganges des Kolbens wirken, und die Explosionskraft während eines Theiles des Aufganges desselben. Indessen ist die erstere Wirkung ausserordentlich schwach und die letztere im Verhältniss dazu so stark, dass man dieselbe als die ausschliesslich treibende Kraft ansehen kann. In Folge dieser ihrer Wirkungsweise haben diese Maschinen den Namen gemischte Maschinen oder Maschinen des gemischten Systems erhalten.

Aus dem Gesagten geht ferner hervor, dass ihr Kreisprozess derjenige der doppeltwirkenden Maschinen ist, mit dem Unterschiede, dass derselbe stets nur auf ein und derselben Kolbenseite zur Ausführung kommt.

Die im Vergleich zu den atmosphärischen Maschinen geringe Leistung erklärt sich daraus, dass die Explosion weniger plötzlich erfolgt, dass ferner die Expansion weniger schnell und vollständig vor sich geht, daher der Einfluss der Cylinderwandungen sich schon mehr geltend macht, während letzterer noch immer wesentlich geringer ist, als bei den doppeltwirkenden Maschinen, aus welchem Umstande sich vor allem der grosse Unterschied im Gasverbrauch bei den drei verschiedenen Systemen erklärt.

Die erste Gasmaschine des gemischten Systems von Bisshop kam im Jahre 1872 auf. Diese Maschine, welche nur bis zu einer Pferdestärke gebaut wurde, hat bis auf den heutigen Tag einen grossen und berechtigten Erfolg aufzuweisen, welcher die Blicke anderer Konstrukteure auf sie lenkte. Unter den nach dem Jahre 1872 erfundenen Maschinen dieses Systems sind zu erwähnen diejenige von Ravel mit oscillirendem Cylinder (1878), die Säulenmaschine von Laviornery (1880), ferner die Maschinen von François (1879), Bénier (1882) und der „Economic-Motor“ (1883).

Bei einer der Maschinen des Systems François hatte man versucht, den Kolben im Momente der Explosion einigermassen frei beweglich zu machen, indem man ihn mittelst Kuppelstangen mit 2 parallelen, gekröpften Wellen verband, welche miteinander durch 2 gleichgrosse Zahnräder in Verbindung standen. Die zweite Maschine von François hatte nur eine Stange, eine Kurbel und ein Schwungrad. Sie lief sehr ruhig und gleichmässig, und scheint einen höheren Nutzeffekt als der Bisshop'sche Motor gegeben zu haben, hatte aber trotzdem wenig Erfolg.

Der aus Amerika stammende Economic-Motor hat dort grosse Verbreitung gefunden, besitzt einen stehenden Cylinder, dessen Kolben seine Bewegung auf einen oberhalb liegenden Balancier und mittelst desselben und

einer Pleuelstange auf eine Antriebswelle überträgt. Zur Zündung dient eine kleine, auf Rothgluth erwärmte Platinplatte, welche vom Kolben im gewünschten Augenblicke freigelassen wird. Die Regulirung geschah durch theilweise Verringerung des Gaszuflusses, indem ein in der Gasleitung befindliches Gummirohr mehr oder weniger zusammengedrückt wurde. Die Abkühlung wurde durch angegossene Rippen bewirkt.

Die Maschine von Bénier soll ebenso wie die Maschine von Forest (1883) weiter unten beschrieben werden, welch letztere ebenso wie die Maschinen von Bénier (1880) und Ravel (1880) zu den Maschinen des gemischten Systems mit liegendem Cylinder gehört.

Die letzteren sind im Allgemeinen seltener als die stehenden Maschinen, jedoch beweist die beste dieser Maschinen, diejenige von Forest, dass sie einen eben so hohen Wirkungsgrad wie die stehenden Maschinen liefern können und ganz zufriedenstellend arbeiten.

Der liegende Bénier'sche Motor steht dem bereits erwähnten stehenden nach, zeigt im übrigen dieselben Prinzipien wie letzterer, nur dass der Cylinder im Innern eines mit Kühlrohren zur Aufnahme des Kühlwassers versehenen Gehäuses angebracht ist. Der verhältnissmässig hohe Gasverbrauch der gemischten Maschine, ihr Gewicht, ihr grosses Volumen, ihr ziemlich ungleichmässiger und geräuschvoller Gang verhinderten ihre Ausführung für Leistungen über eine PS. Sie dienten daher nur einem verhältnissmässig kleinen Industriebetrieb, hierfür aber mit grossem Nutzen. Im Allgemeinen sind diese Maschinen einfach, zeigen eine solide Bauart, sind leicht in Betrieb zu setzen und zu unterhalten. Zuweilen besitzen sie interessante Mechanismen, wodurch sie kleiner und einfacher werden sollen. Mit Hilfe eines Schwungrades wird bei den kleinen Maschinen ein ziemlich gleichmässiger Gang erreicht, während die Regulirung der Geschwindigkeit meist durch Verstellen des Gashahns von Hand geschieht.

Zur Abkühlung werden meistens nur Rippen von verschiedener Form angewandt. Die Schmierung ist bei den liegenden Cylindern leicht zu erreichen und spielt bei den stehenden eine ganz untergeordnete Rolle.

Obgleich das Aufkommen der Kompressionsmaschinen den Maschinen des gemischten Systems viel Abbruch gethan hat, werden dieselben gegenwärtig doch noch zuweilen gebaut, namentlich für Leistung unter $^1/_2$ PS., wofür sie bis zum Jahre 1888 fast ausschliesslich das Monopol hatten, während ihnen dasselbe gegenwärtig vollständig entzogen ist, da es zur Zeit drei Arten von Kompressionsmaschinen giebt, deren Kraft bis auf $^1/_4$ PS. heruntergeht (Noël, Ragot, Mire) und ein System für Leistungen von nur $^1/_8$ PS. (Otto).

Die grosse Menge der Maschinen ohne Kompression hat sich beträchtlich verringert und in Frankreich giebt es gegenwärtig nur noch drei Systeme, welche sich noch erhalten haben: Die Maschinen von Bisshop (1872), Bénier (1882) und Forest, welche in der Folge beschrieben werden sollen.

Die Kompressionsmaschinen haben gegenüber den vorerwähnten Maschinen auch bei kleinen Leistungen den Vortheil des kleineren Gewichts und geringeren Gasverbrauchs. So verbraucht eine Kompressionsmaschine von $^1/_8$ PS. ungefähr 300 l Gas in der Stunde gegenüber 450 l einer Maschine ohne Kompression, während die entsprechenden Zahlen für eine Leistung von $^1/_4$ PS. 500 l bezw. 625 l betragen.

Der Raumbedarf, Preis, Schmierölverbrauch und die Gleichmässigkeit des Ganges sind bei beiden Maschinengattungen ungefähr gleich. Die Maschine von Mire indessen giebt, obgleich sie mit Kompression arbeitet, bei jeder Umdrehung eine Explosion, wodurch ihr Gang noch gleichmässiger als derjenige der beiden anderen Motoren desselben Systems ist.

Wasserkühlung findet sich stellenweise, indessen geben die Kühlrippen bei beiden Maschinentypen ungefähr dieselben Resultate.

Man kann jedenfalls als sicher annehmen, dass die Maschinen des gemischten Systems nach und nach den Kompressionsmaschinen ganz weichen werden, so dass sie in kurzer Zeit ebenso wie die doppeltwirkenden und atmosphärischen Maschinen nur noch geschichtliches Interesse bieten werden.

Maschine von Bisshop (Fig. 28 und 29). Die Maschine von Bisshop ist eine stehende Maschine, der Cylinder C liegt am unteren Ende derselben und bildet mit der Grundplatte ein einziges Gussstück. In dem Cylinder bewegt sich der Kolben P, dessen Kolbenstange t durch den Kreuzkopf c in der über dem Cylinder liegenden Gradführung geführt ist.

Der Kreuzkopf ist durch die Stange b mit der ausserhalb der Mittelachse des Cylinders gelagerten Kurbelachse verbunden. Diese Verbindung hat den Zweck, Stösse zu verhindern, indem der Kolben seine Bewegung auf eine eigenthümliche Art und Weise auf die Kurbel überträgt.

In Folge eines eigenartigen Mechanismusses ist der Hub des Kolbens grösser als der Durchmesser des Kurbelkreises, wodurch eine Vergrösserung der Expansion und eine gewisse Beweglichkeit des Kolbens im Moment der Explosion bewirkt wird. Ausserdem ist der Kolben und die Kolbenstange durch ein Gegengewicht p ausbalancirt, welches an einem der Schwungradarme befestigt ist.

Die Ein- und Ausströmung wird durch einen Kolbenschieber h regulirt, welcher durch ein auf der Kurbelwelle befestigtes Excenter e und einen Zwischenhebel l bewegt wird und zwei Oeffnungen besitzt, deren eine zum Einlass, die andere zum Auslass in den Auspuffkanal q dient.

Die Mischung der Luft und des Gases geschieht vor dem Eintritt in den Cylinder. Die Luft tritt durch ein, am äusseren Ende mit einer durchlöcherten Platte von 18 Oeffnungen versehenes und mit einer Gummiplatte überdecktes Rohr i ein, während das Gas durch ein senkrecht zu diesem Rohr stehendes Rohr i′ einströmt, welches durch eine, mit drei Oeffnungen und gleichfalls einer Gummiplatte versehene Scheibe abgeschlossen ist. Die Mischung findet hierdurch in ganz bestimmtem Verhältniss statt. Bevor das Gas jedoch in die Maschine kommt, strömt es durch zwei Gummibeutel, deren

einer, wie gewöhnlich, als Behälter, der andere als Regulator dient, durch welchen die Geschwindigkeit der Maschine regulirt und verhindert wird, dass dieselbe eine gewisse Grenze übersteigt, indem nur gerade so viel Gas geliefert wird, als für diese grösste Geschwindigkeit erforderlich ist.

Die Zündung geschieht einfach durch Einsaugen der Flamme. Eine ungefähr in der halben Höhe des Cylinders befindliche Oeffnung k ist durch eine kleine, aus einem federnden Stahlplättchen gebildete Klappe abgeschlossen. Ausserhalb der Maschine befindet sich eine Zündflamme n dieser Oeffnung

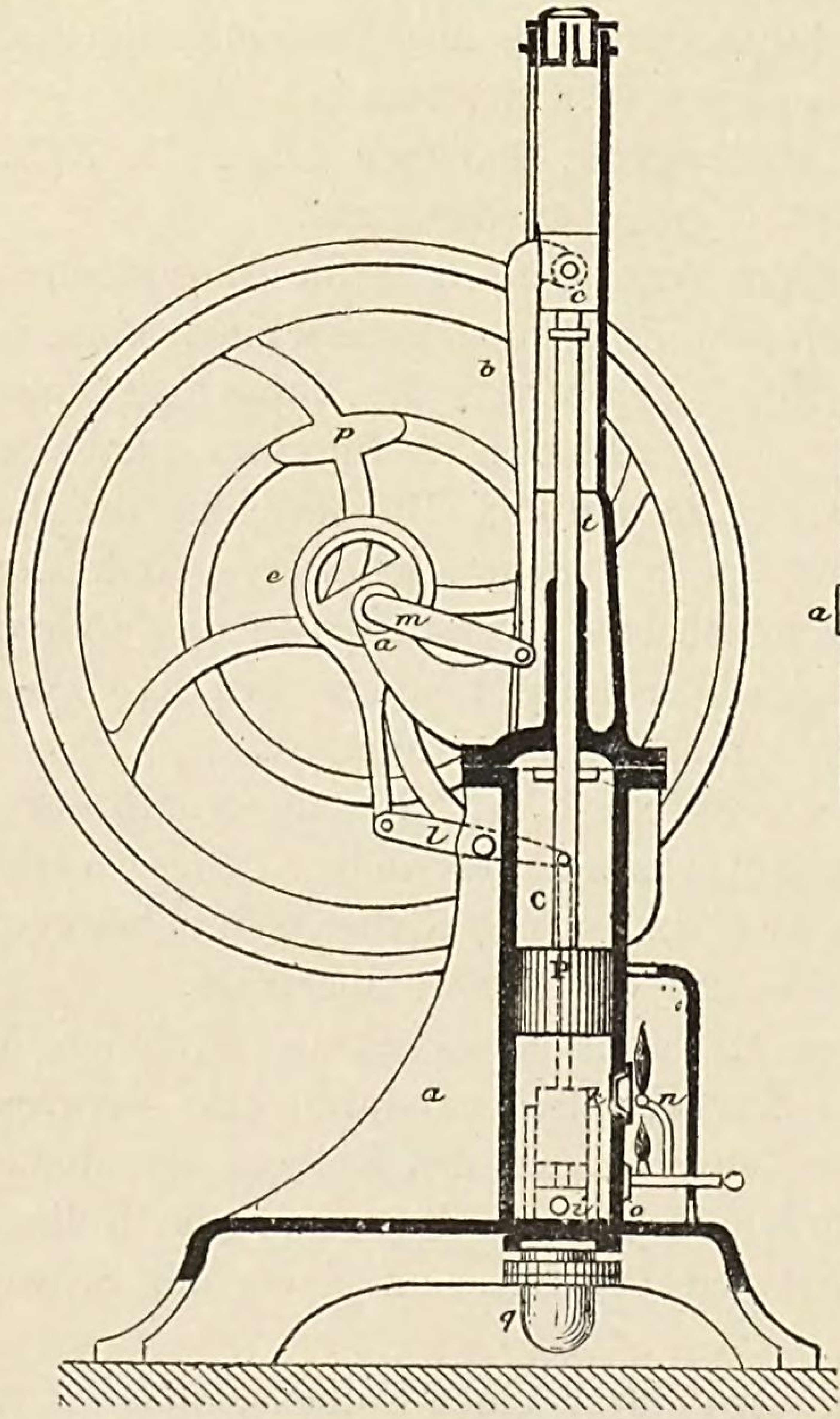


Fig. 28.

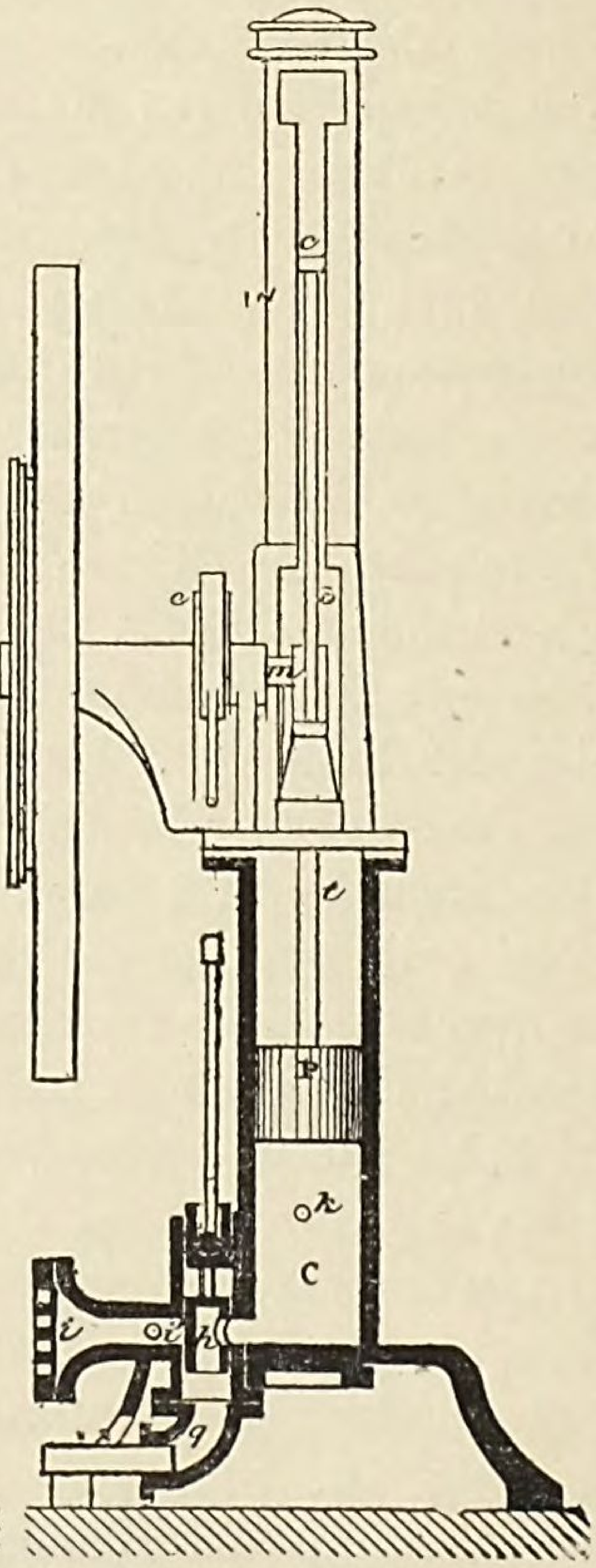


Fig. 29.

gerade gegenüber. Geht der Kolben nach oben und giebt die Oeffnung k frei, so wird diese Flamme n angesaugt und die Ladung zur Explosion gebracht. Wird hierbei die Flamme n ausgelöscht, so kann sie sich an der direkt darunterliegenden Flamme o wieder entzünden. Beide Flammen werden durch eine besondere, von den Gummibeuteln abgezweigte Gasleitung gespeist. Nach erfolgter Explosion geht der Kolben noch weiter nach oben, treibt beim Rückgang die Verbrennungsprodukte vor sich her, und wird aus seiner untersten Stellung durch das Schwungrad wieder gehoben. Hierdurch wird eine Luftverdünnung im Cylinder erzeugt, in Folge deren die Gummiklappen der Luft- und Gaszuleitung sich heben und die Einströmung von

Luft und Gas in den Cylinder erfolgt, worauf in der Mitte des Hubes eine neue Explosion stattfindet. Um den Stoss der Explosion etwas zu verringern, ist unterhalb des Kolbens ein Spielraum von ungefähr 30 mm vorhanden. Zur Abkühlung dienen radial angegossene Rippen a.

Der Bisshop'sche Motor ist einfach und kräftig gebaut, nimmt keinen grossen Raum ein, und ist leicht aufzustellen und in Betrieb zu setzen. Seine Unterhaltung ist wenig kostspielig, da nur die Wellenlager von Zeit zu Zeit geschmiert werden müssen. Er wird nicht stärker als für eine PS. gebaut, da er für grössere Leistungen zu gross und unvortheilhaft bezüglich des Gasverbrauchs wird, während er für geringere Leistungen als eine PS. sehr vortheilhaft arbeitet.

In Deutschland wurde diese Maschine bis vor Kurzem von der Firma Buss, Sombart & Co.[1] in Magdeburg, in England von der Firma Andrew & Co. in Reddish gebaut.

Im Folgenden sind die Abmessungen der von der Firma Rouart Frères in Paris gebauten Bisshop'schen Motoren gegeben.

Leistung in mkg	3	6	9	12 1/6 PS.	25 1/3 PS.	37 1/2 PS.	75 1 PS.
Höhe der Maschine m	0,95	1,25	1,25	1,25	1,90	1,90	2,22
Breite „ „ „	0,44	0,55	0,55	0,55	0,73	0,73	0,85
Länge „ „ „	0,61	0,66	0,66	0,75	1,00	1,00	1,15
Durchmesser des Schwungrades m	0,48	0,60	0,60	0,75	1,16	1,16	1,30
Gewicht der Maschine kg . .	130	290	300	320	790	790	1000
Tourenzahl in der Minute . . .	150 bis 180	100 bis 120	100 bis 120	80 bis 100	60 bis 70	60 bis 70	70 bis 80
Stündl. Gasverbrauch in l . .	250	250	450	500	800	1100	1850

Maschine von Bénier (Fig. 30). Wie die vorhergehende, ist auch diese Maschine hauptsächlich für das Kleingewerbe bestimmt. Der Erfinder war bestrebt, eine einfache, kräftige, leicht in Betrieb zu setzende und zu unterhaltende Maschine von geringem Raumbedarf zu schaffen, welche Bedingungen seine Maschine in befriedigender Weise erfüllt hat.

Sämmtliche Theile der Maschine ruhen auf einem kastenförmigen Gestelle R, wodurch die Maschine keinen Fundamentsockel bedarf, da das Gestell selbst die genügende Stabilität giebt.

Der Kreisprozess ist derselbe wie bei den anderen Maschinen desselben Systems. Während eines gewissen Theiles des Kolbenhubes wird Luft und Gas in den Cylinder eingesaugt, hierauf die Zündung durch eine Flamme

[1]) Die Motoren dieser Firma baut jetzt Friedr. Krupp — Grusonwerk, Magdeburg-Buckau.

und beim Rückgange das Austreiben der Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder bewirkt.

Der Cylinder A ist gleichfalls stehend angeordnet, jedoch liegt der Boden desselben oben und überträgt der Kolben seine Bewegung auf die Kurbelwelle G durch Vermittelung des bei C drehbaren Balanciers B und der Pleuelstange E. Die Kurbelwelle trägt ausser dem Schwungrade H und der Antriebsscheibe I zwei symmetrisch liegende, herzförmige Scheiben J und K, von welchen die eine den Schieber P bewegt und die Einströmung und Zündung regulirt, die andere das auf der anderen Seite des Cylinders liegende Ausströmungsventil öffnet und schliesst.

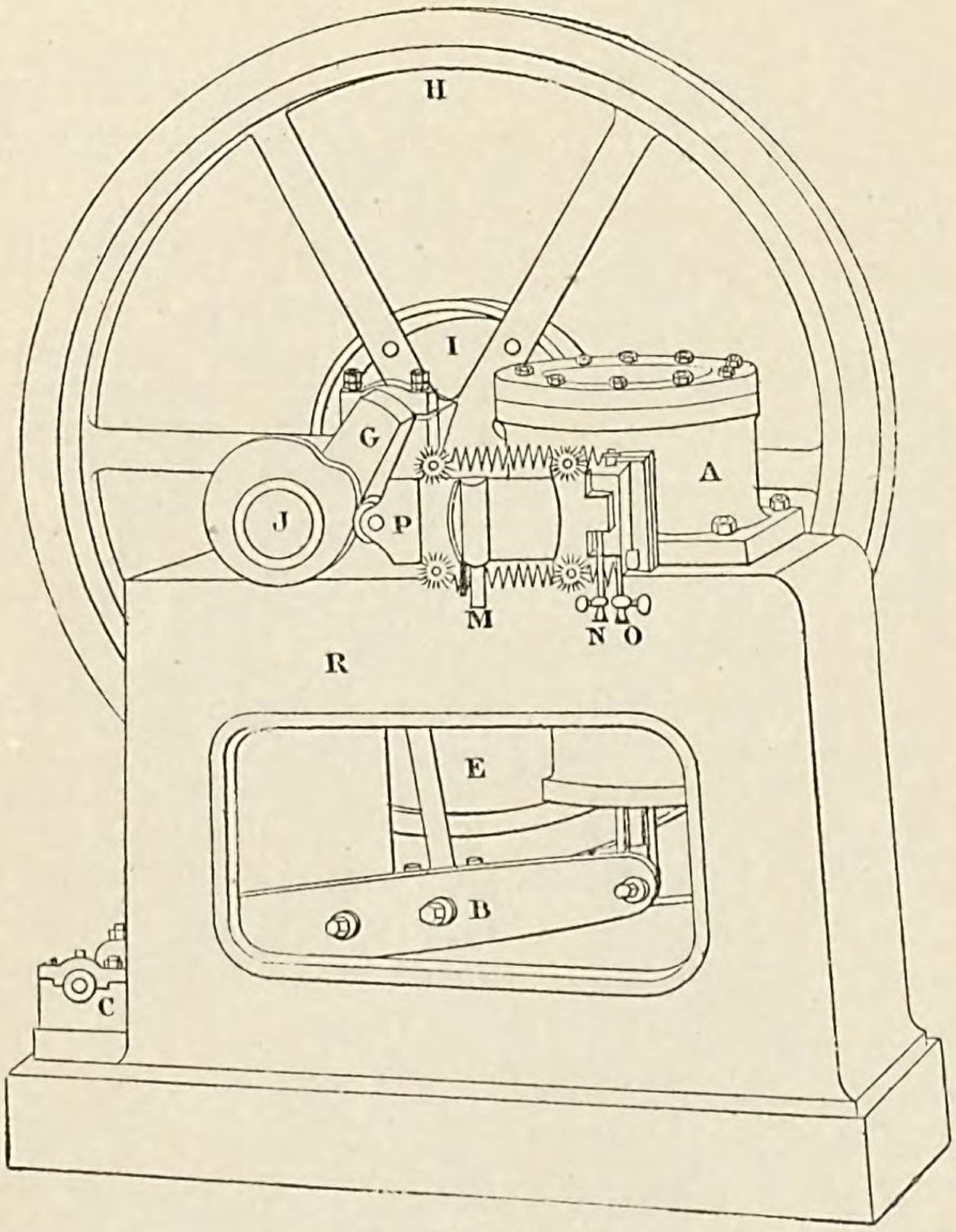


Fig. 30.

Das durch das Rohr M zuströmende Gas gelangt in einem bestimmten Augenblicke in den Schieber, wo es sich mit der, durch eine auf der entgegengesetzten Seite des Cylinders liegende Oeffnung einströmenden Luft mischt. Hierauf gelangt die Mischung in den Cylinder, wo sie von einer durch das Rohr N gespeisten Zündflamme entzündet wird. Die letztere befindet sich in einer Höhlung des Schiebers, welche im Momente der Zündung mit dem Cylinder in Verbindung tritt. Zum Wiederanzünden der bei der Explosion ausgelöschten Zündflamme dient eine zweite, durch das Rohr O gespeiste Flamme. Nur der obere Boden des Cylinders wird durch Wassercirkulation gekühlt. Die Regulirung erfolgt von Hand durch Verstellen des Gashahnes.

Bei Maschinen über 1 PS. findet sich indessen ein Pendelregulator, welcher den Gaszufluss beeinflusst.

Dank seiner gedrängten Anordnung kann der Bénier-Motor bis zu 4 PS. ausgeführt werden, indessen arbeitet derselbe, wie alle Maschinen dieser Klasse, unter 1 PS. vortheilhafter als darüber.

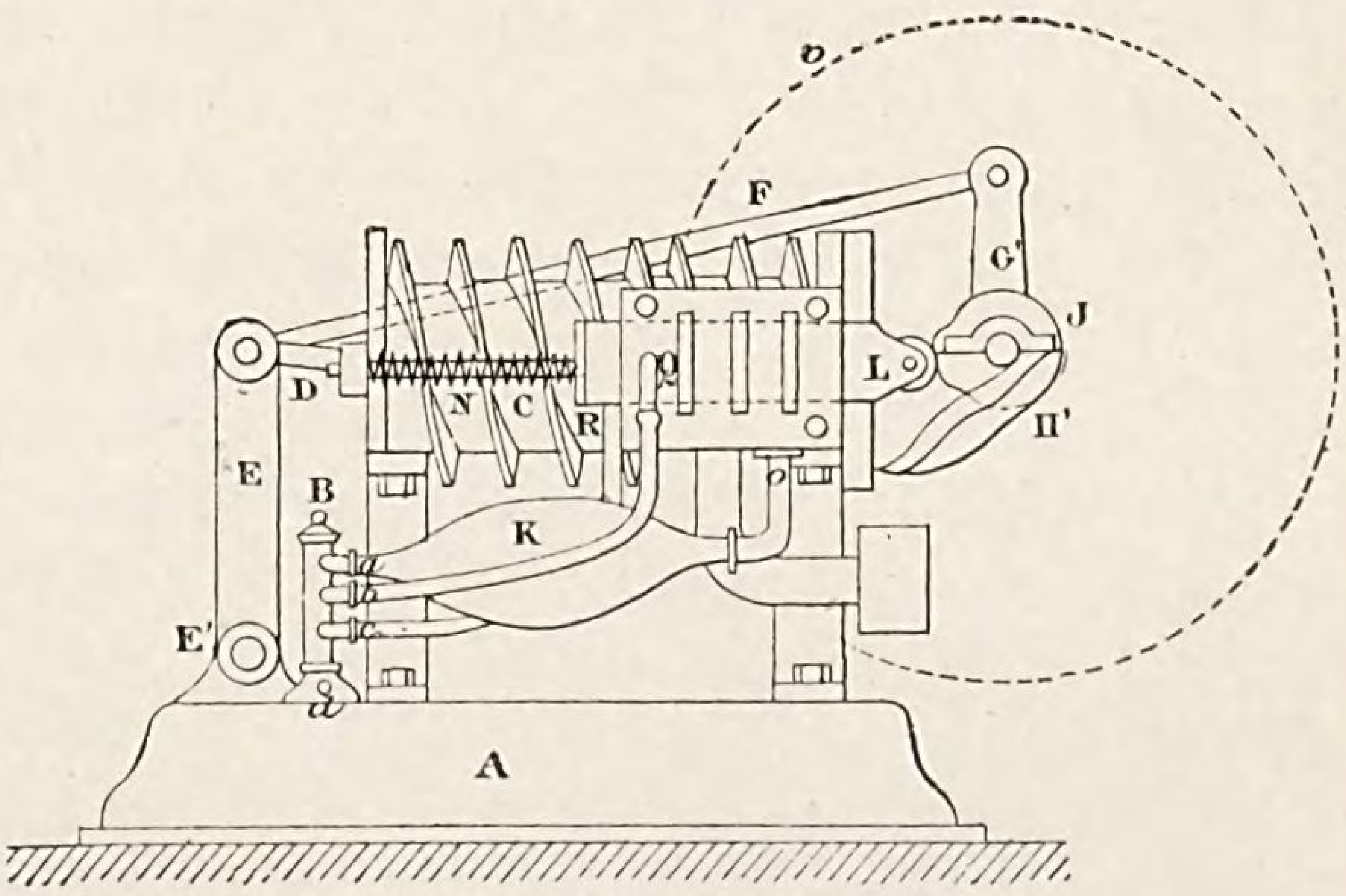
Die obige Beschreibung dieser Maschine bezieht sich auf Ausführungen von 1/2 bis 4 PS., wogegen die Maschinen von 1/8, 1/5 und 1/3 PS. leichter und einfacher gebaut sind. Bei denselben ist das Gestell kleiner und liegt

der Cylinder auf derselben Seite des Gestelles wie der Balancier, die Kurbel und die Pleuelstange, während das Schwungrad und die Antriebsscheibe auf der entgegengesetzten Seite sitzen. Der Gasverbrauch dürfte gegen 1400 l für 1 Stundenpferd betragen, welche Zahl für Maschinen dieser Art als sehr günstig zu bezeichnen ist.

Das französische Patent dieser Maschinen ist in den Händen der Pariser Elektricitätsgesellschaft, deren Ausführungen aus der folgenden Tabelle zu ersehen sind.

Leistung in PS.		1/8	1/5	1/3	1/2	1	2	3	4
Raumbedarf, einschliesslich Schwungrad und Riemenscheibe in m	Länge	0,65	0,80	1,00	1,20	1,50	1,65	1,75	1,80
	Breite	0,48	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10
	Höhe	0,90	1,00	1,20	1,35	1,60	1,80	1,90	1,90
Tourenzahl in der Minute		140	130	120	120	110	100	95	90
Gewicht in kg		150	200	300	600	850	1200	1400	1600

Maschine von Forest (1883) (Figg. 31 und 32). Da die Bedingungen, für welche diese Maschine gebaut war, dieselben waren, wie für die vorherbeschriebene Maschine, und beide Maschinen gleichzeitig entstanden, so ist es nicht zu verwundern, dass beide gewisse Aehnlichkeit zeigen. Während indessen der Forest'sche Motor vom Jahre 1882 einen Drehschieber besass, wurde derselbe im folgenden Jahre abgeändert und die Form gewählt, welche er definitiv beibehielt.



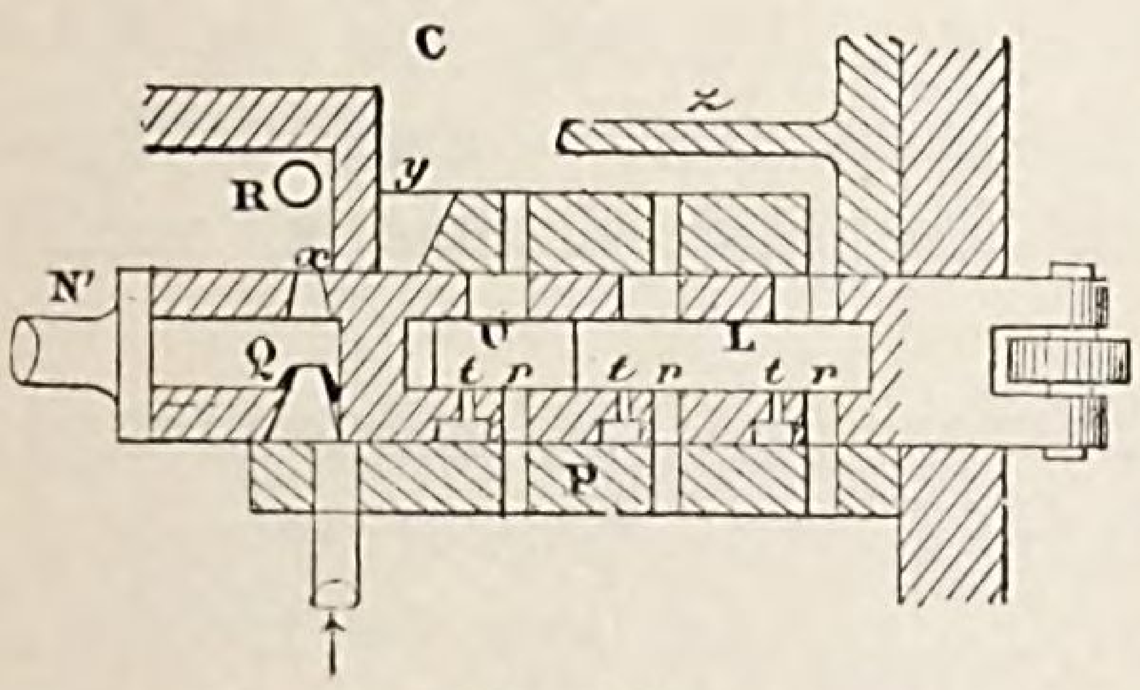


Fig. 32.

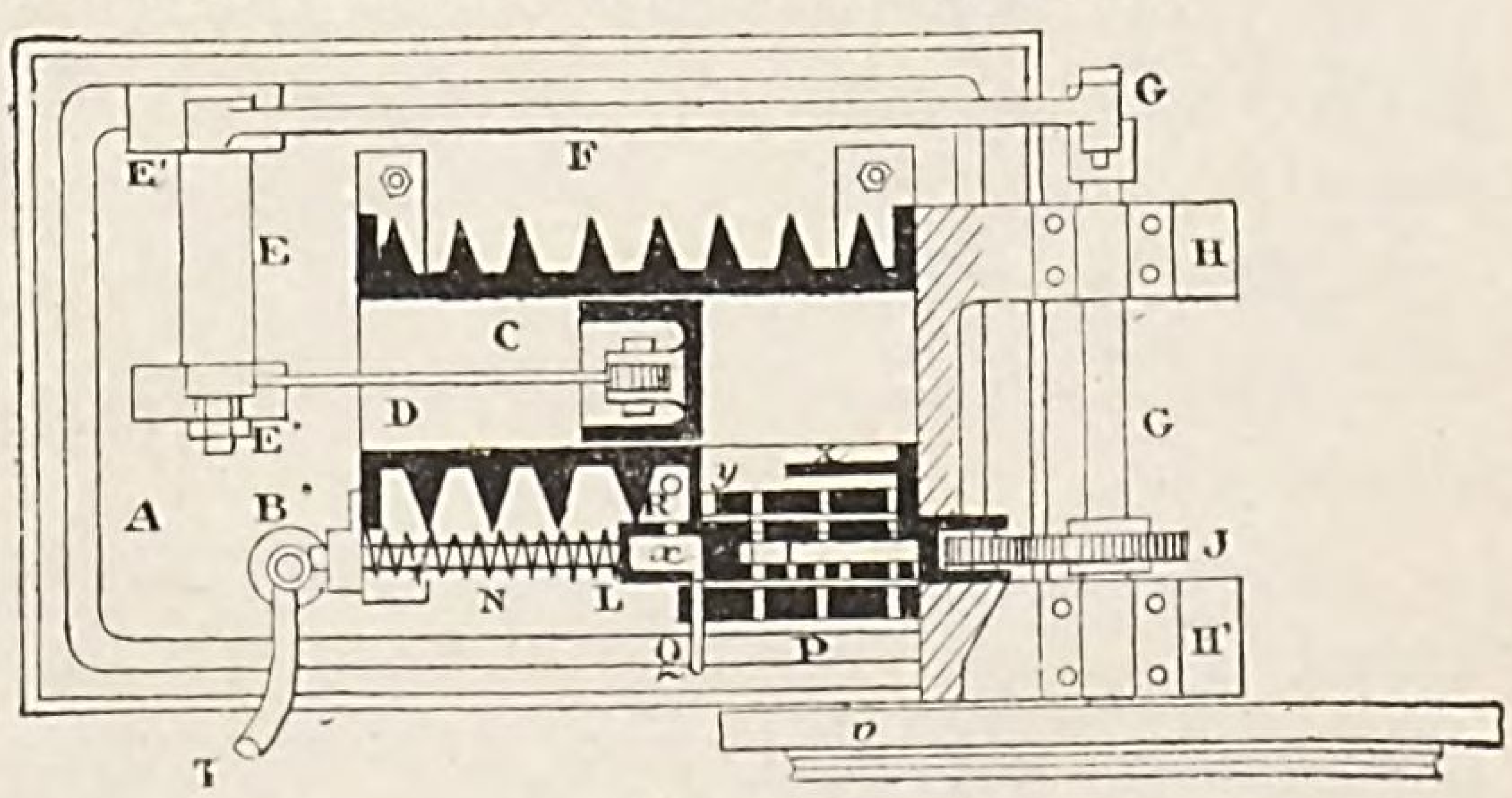


Fig. 31.

Im Vergleiche zur Bénier'schen ist die Forest'sche Maschine noch bedeutend leichter aufzustellen. Die Montage erfordert nichts weiter, als

einige Schrauben und einen Gasschlauch, welcher an irgend eine in der Nähe befindliche Gasleitung angeschlossen werden kann.

Die Grundplatte A, welche zur Aufnahme der ganzen Maschine dient, trägt ausser den anderen Theilen ein stehendes Rohr B, welches mit vier durch Hähnchen verschliessbaren Ansatzrohren a, b, c und d versehen ist. Das erste derselben steht mit einem Gummibeutel K in Verbindung, an dessen anderem Ende das in den Cylinder führende Rohr o angeschlossen ist, die beiden folgenden b und c dienen zur Speisung der Zündflamme Q und der Dauerflamme R, während das vierte Rohr d mittelst eines Gummischlauches den Anschluss an die benachbarte Gasleitung bewirkt.

Hierdurch ist die Aufstellung zugleich einfach bequem und leicht auszuführen. Freilich ist die Gefahr vorhanden, dass die Dauerflamme den Gummibeutel oder einen der in ihrer Nähe liegenden Schläuche verbrennt.

Der Kreisprozess ist auch hier derselbe wie bei den früheren Maschinen, nur hat hier der Schieber die Aufgabe, sowohl die Ein- und Ausströmung, als auch die Zündung zu bewirken.

Angenommen der Schieber befinde sich in der in Figur 31 dargestellten Lage, so wird er die Ausströmung vermitteln, und hierauf nach links verschoben werden müssen, um die Einströmung zu ermöglichen (Fig. 32). Dieselbe erfolgt für die Luft durch die in der Gegenplatte P des Schiebers befindlichen Spalten, welche mit entsprechenden Oeffnungen r im Schieber zusammenfallen. Das Gas tritt aus der Zuleitung O in ein unter der Gegenplatte P gelegenes Vertheilungsrohr und von hier durch eine Anzahl von Oeffnungen t in die Kammer L des Schiebers. Am Ende der Einströmung springt der Schieber plötzlich nach rechts zurück, schliesst die Mischkammer L vom Cylinder ab, verbindet den letzteren dagegen durch die Oeffnungen x und y mit der im Schieber brennenden Vermittelungsflamme Q. Die Zündung wird durch eine im Innern des Cylinders liegende Platte z noch gesichert, welche das Gemisch zwingt, vor der Zündöffnung y vorbeizustreichen.

Während der Arbeitsperiode kehrt hierauf der Schieber nach links zurück und befindet sich in der in Fig. 31 dargestellten Lage, sobald der Kolben zurückkehrt. Im Momente der Bewegungsumkehr setzen die an der Innenseite des Schiebers befindlichen Kanäle U die unterhalb des Schiebers liegende Ausströmungsöffnung mit dem Cylinder in Verbindung, während sich die Vermittelungsflamme gleichzeitig an der Dauerflamme R wieder entzündet.

Der Schieber wird durch eine auf der Kurbelwelle G befestigte unrunde Scheibe J bewegt, gegen welche er stets durch die über die Führungsstange N′ geschobene Schraubenfeder N angedrückt wird. Die Kurbelwelle trägt am einen Ende das Schwungrad V und die Antriebsscheibe, und ist in den beiden am Cylinderdeckel angegossenen Lagerarmen H und H′ gelagert. Die Bewegungsübertragung auf dieselbe erfolgt durch Vermittelung der am Kolben befestigten Stange D, des um den Zapfen E′ schwingenden Balanciers E und

der Pleuelstange F, welche an letzterem und der Kurbel G′ angreift. Diese Anordnung bezweckt, den Raumbedarf der Maschine möglichst zu beschränken.

Zur Abkühlung dient eine schraubenförmig um den Cylinder gewundene Rippe, während die Regulirung durch Verstellen des Gashahnes in der Zuleitung geschieht.

Die Forest'schen Maschinen arbeiten bei kleinen Leistungen unter 1 PS. zur Zufriedenheit, werden dagegen für grössere Leistungen überhaupt nicht ausgeführt.

Der Gasverbrauch soll gegen 1400 l für 1 Stundenpferd betragen, welche Zahl als eine recht günstige zu betrachten ist.

In der folgenden Tabelle sind die Abmessungen etc. der von der Firma Dupont in Paris ausgeführten Forest'schen Maschinen gegeben.

Leistung in PS.		$^1/_{15}$	$^1/_8$	$^1/_4$	$^1/_2$	1
Abmessung in m	Länge der Grundplatte	0,62	0,65	0,82	1,05	1,27
	Breite „ „	0,38	0,50	0,64	0,71	0,82
	Höhe der Maschine	0,50	0,65	0,80	0,95	1,30
Gesammtgewicht, kg		81	175	296	400	800
Tourenzahl in der Minute		160	120	110	100	90

B. Maschinen der zweiten Klasse, mit Explosion und Verdichtung der Ladung.

Gruppe A.

Bei den Maschinen der zweiten Klasse wird die Ladung nicht sofort nach ihrer Einströmung entzündet, wie dies bei den vorbesprochenen Maschinen der Fall war, sondern zunächst auf einen gewissen Druck gebracht, welcher wesentlich höher ist als der äussere Luftdruck. Es ist somit noch eine weitere Thätigkeit auszuführen, sodass die Zahl derselben sich auf vier erhöht: Einsaugen, Verdichten, Arbeitleisten, Austreiben.

Bei den Maschinen der Gruppe A werden diese vier Thätigkeiten alle in einem und demselben Cylinder ausgeführt und für jede derselben ein Kolbenhub benutzt. Es findet also nur bei jedem vierten Hube oder nach je zwei Umdrehungen eine Explosion oder Arbeitsleistung und zwar immer auf derselben Kolbenseite statt.

Der Kreisprozess dieser Maschinen ist somit folgender:

1. Umdrehung { 1. Hingang, widerstandleistend — Ansaugen der Ladung;
1. Rückgang, widerstandleistend — Kompression der Ladung;

2. Umdrehung { 2. Hingang, arbeitleistend { — Explosion der Ladung;
— Expansion „ „
2. Rückgang, widerstandleistend — Austreiben der Verbrennungsprodukte.

Dieser Kreisprozess ist unter dem Namen des „Viertaktes“ bekannt, und wurde zwar schon im Jahre 1862 von Beau de Rochas als derjenige bezeichnet, welcher einen besseren Nutz-Effekt als alle früheren Kreisprozesse liefern würde, aber erst im Jahre 1876 von Otto in seiner auf's beste durchdachten und bis in die kleinsten Details mit der grössten Sorgfalt ausgeführten Maschine praktisch verwirklicht.

Die Maschinen der Gruppe A der zweiten Klasse sind zwar die ersten, welche sich in der Industrie bewährt haben, jedoch nicht die ersten Kompressionsmaschinen überhaupt, da vor ihnen bereits die Maschinen der dritten Klasse erfunden waren, in welchen sich der Einfluss der Kompression auch bereits geltend machte. Indessen wurde der mit der Kompression verbundene Vortheil erst durch die Otto'sche Maschine zur vollen Klarheit gebracht. Vom ersten Momente ihres Auftretens an sank der Gasverbrauch dieser Maschine unter 1200 l für 1 Stundenpferd, und trotz der Anwendung des Viertaktes zeigte sie eine vollständig befriedigende Gleichmässigkeit des Ganges, welche sie vor allem der grossen Geschwindigkeit, der Anwendung eines schweren Schwungrades und einer selbstthätigen Gaszufuhrvorrichtung, die der Geschwindigkeit der Maschine entsprechend regulirt wurde, verdankte.

Mit einem Schlage war eine praktische und zugleich ökonomisch arbeitende Gasmaschine und zwar die erste für die Industrie wirklich brauchbare Maschine geschaffen.

Die Vortheile der Kompression verfehlten nicht, die Augen der Konstrukteure auf sich zu ziehen, und die Mehrzahl der letzteren machten sich dieselben zu Nutze.

Unter den auf dem gleichen Prinzip wie die Otto'sche Maschine beruhenden und nach dem Jahre 1876 konstruirten Maschinen sind in erster Reihe die folgenden zu nennen:

Linford 1878, Funck 1879, Maxim 1883, Martini 1883, Warchalowski 1884, Forest 1887, Noël 1888, Niel 1889 und der Etincelle-Motor (Funken-Maschine), in zweiter Reihe:

Lenoir 1880—1883—1884, Delamare u. Malaudin (Simplex-Motor) 1884, Körting 1885, Daimler 1885, Tenting 1887, Durand 1887, Charon 1888, Atkinson 1888, Ragot 1888 u. s. w.

Da die Maschinen der letzteren Gruppe in der Folge ausführlicher behandelt werden, so soll nur über die Maschinen der ersten Gruppe Einiges bemerkt werden.

Die Maschine von Warchalowski ist eine stehende Maschine und unterscheidet sich wenig von der Otto'schen. Die Maschine von Forest ist eigenartig gebaut und genoss in Folge dieser Bauart während nahezu eines ganzen Dezenniums grosse Beliebtheit. Sie ist liegend, der Cylinder bildet zugleich das Gestell und ist an beiden Seiten offen. Die doppeltgekröpfte Kurbelwelle liegt genau über der Mitte des Cylinders senkrecht zur Längsachse desselben. Sie erhält ihre Bewegung durch vier Pleuelstangen und

zwei Balanciers von den beiden Kolben, welche sich in dem gemeinschaftlichen Cylinder in entgegengesetzter Richtung bewegen. Der Zweck dieser beiden Kolben ist der, die Geschwindigkeit der Expansion zu vergrössern. Die Einströmung geschieht in den zwischen den beiden Kolben befindlichen Raum, welcher als Verdichtungsraum dient. In demselben findet somit die Kompression und hierauf die Explosion statt, welche beide Kolben auseinandertreibt. Die Zündung geschieht durch einen elektrischen Funken, welcher bei der Stromunterbrechung eines oscillirenden Elektromagneten entsteht, wie bereits früher gelegentlich der allgemeinen Bemerkungen über die Zündung mitgetheilt wurde.

Die Abkühlung wird durch Wassercirkulation bewirkt.

Die Maschine von Forest hat einen geringen Raumbedarf und ist verhältnissmässig leicht, worin jedoch ihre einzigen Vorzüge bestehen.

Die Maschinen von Linford und Funck hatten ebenso wie die Forest'sche Maschine zwei Kolben, welche sich ebenfalls in einem und demselben Cylinder bewegten.

Der kürzlich erst an die Oeffentlichkeit getretene Noël'sche Motor ist besonders für Leistungen unter 1 PS. gebaut und einer der ersten Motoren mit Kompression für diese Zwecke.

Hierzu musste Noël eine einfache, leicht zu behandelnde, kleine Maschine konstruiren, und ist es ihm gelungen, fast alle diese Bedingungen zu erfüllen. Dennoch verdient seine Maschine in doppelter Hinsicht einen Tadel: ihre Konstruktion ist zu komplizirt und ihre Zündung in Folge der Anwendung von Elektromagneten etc. zu difficil. Die Maschine lässt sich in kurzen Zügen folgendermassen erläutern.

Der Cylinder ist horizontal und wird durch radial verlaufende Rippen gekühlt. Die Antriebswelle liegt neben dem hinteren Ende des Cylinders und empfängt ihre Bewegung in ähnlicher Weise, wie bei der Forest'schen Maschine ohne Kompression. Eine kleine, stehende Welle, welche sich halb so schnell als die Kurbelwelle dreht, und durch zwei konische Räder von letzterer angetrieben wird, besorgt die Bewegung aller zur Steuerung, Zündung und Regulirung dienenden Organe.

Die Einströmung wird durch Ventile regulirt, von welchen das Luftventil selbstthätig ist. Der elektrische Funken wird im gewünschten Momente mittelst eines sowohl auf der induzirten als auch der induzirenden Drahtspirale sitzenden Umschalters erzeugt.

Die Regulirung geschieht durch zeitweiliges vollständiges Absperren des Gaszuflusses, also Aussetzen der Ladung. Die Fundamentplatte endlich dient als Saugtopf für die Luft.

Die Noël'schen Maschinen werden in Provins vom Erfinder selbst in folgenden Grössen gebaut:

Leistung in PS. $^1/_4$ $^1/_3$ $^1/_2$ 1 2

Die Geschwindigkeit dieser Maschinen ist ziemlich gross und schwankt je nach der Leistung zwischen 170 und 180 Touren in der Minute. Das Gewicht und der Raumbedarf sind sehr gering.

Die Maschine von Niel ist gleichfalls neueren Datums und trat zum ersten Male auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 an die Oeffentlichkeit, wo sie sehr zufriedenstellend arbeitete. Dieselbe hat einen horizontalen, freitragend am Gestell befestigten Cylinder und ist ausserordentlich einfach, da alle zur Einströmung sowie zur Zündung erforderlichen Bewegungen von einem konischen Drehhahn ausgeführt werden, welcher am Ende einer zur Cylinderachse parallel laufenden Welle angebracht ist und durch ungleiche Zahnräder halb so oft wie die Kurbelwelle gedreht wird. Der Hahn besitzt mehrere Oeffnungen, welche den Cylinder in einem gegebenen Augenblicke entweder mit den Gas- und Lufteinströmungsrohren oder mit einem Glührohre zum Zwecke der Zündung in Verbindung setzen.

Der Auspuff erfolgt durch ein Ventil, welches entweder am hinteren Cylinderdeckel oder seitlich am Cylinder befestigt ist und durch die bereits erwähnte Welle geöffnet wird. Auch die Regulirung wird von der letzteren durch vollständiges Absperren der Gaszuströmung bewirkt. Zu diesem Zwecke trägt die Welle ein Excenter, welches eine Blattfeder zwischen zwei Stellschrauben in schwingende Bewegung versetzt. Diese Feder wirkt durch eine kleine Stange auf das Gaseinlassventil. Indem sich die Feder bei wachsender Geschwindigkeit mehr und mehr durchbiegt, wird das Gasventil bei einer die normale Geschwindigkeit erheblich übersteigenden Geschwindigkeit nicht mehr geöffnet. Durch Verstellen einer der beiden Stellschrauben ist es leicht möglich, die Grösse der Durchbiegung der Feder und somit auch die Geschwindigkeit der Maschine zu reguliren.

Zur Kühlung dient Wassercirkulation.

Die Maschine von Niel ist einfach, klein, hat ein geringes Gewicht und einen gleichmässigen Gang und ist leicht zu bedienen. Indessen muss man ihr die Anwendung des Drehhahnes, dessen Nachtheile bereits oben besprochen sind, zum Vorwurf machen. Derselbe berührt in Folge einer sinnreichen Anordnung seinen Sitz jedoch nur dann, wenn es gerade nöthig ist, wodurch die mit der Anwendung eines Hahnes im Allgemeinen verbundenen Nachtheile wesentlich verringert werden, sodass die Niel'sche Maschine zur vollen Zufriedenheit arbeitet.

Der Etincelle-Motor (Funken-Motor) der Firma Gotendorf & Co. in Paris bietet nichts Bemerkenswerthes, höchstens, dass der gusseiserne Rahmen zugleich als Wasserbehälter dient und die Wassercirkulation im Kühlmantel durch eine von der Maschine angetriebene kleine Pumpe bewirkt wird. Die Zündung wird durch einen bei der Stromunterbrechung eines um eine Drehachse schwingenden Elektromagneten erzeugten Funken bewirkt.

Die Kompressionsmaschinen der Gruppe A sind im Allgemeinen einfach, kräftig gebaut, leicht zu bedienen und zu unterhalten. Ihr Gang ist dank

der Anwendung einer selbstthätigen Regulirung, einer grossen Geschwindigkeit und schwerer Schwungräder verhältnissmässig ruhig. Obwohl nun die grosse Geschwindigkeit den Nutzeffekt erhöht, hat sie doch den grossen Nachtheil, die Maschine sehr rasch abzunutzen.

Wird ein sehr gleichmässiger Gang verlangt, so giebt die Anwendung zweier nebeneinanderliegender Cylinder, wodurch bei jeder Umdrehung eine Zündung möglich ist, sehr gute Resultate.

Das Gewicht und der Raumbedarf der Maschinen der Gruppe A sind im Allgemeinen verhältnissmässig sehr gering.

Die Kühlung wird fast immer durch Wassercirkulation bewirkt. Die liegenden Maschinen finden für dies System am meisten Anwendung, namentlich für Leistungen über 4 PS., doch finden sich auch häufig noch stehende Maschinen von 10 PS.

Die Bewegung der verschiedenen Organe geschieht von einer Hilfswelle aus, welche meistens parallel zur Achse des Cylinders liegt und sich halb so oft als die Kurbelwelle umdreht. Die Schieber sind nur noch selten in Gebrauch, und wird die Zündung meist elektrisch mit Hilfe von Elementen und Induktionsrollen bewirkt. Zum Zwecke der Regulirung wird fast immer die Gaszuströmung unterbrochen, indem entweder, was gewöhnlich der Fall ist, das Gasventil geschlossen bleibt, oder zuweilen auch am Auslassventil regulirt wird.

Die Maschinen der Gruppe A sind die verbreitetsten und von allen Systemen am meisten durchgearbeiteten, und geben im Allgemeinen weit höhere Wirkungsgrade als die anderen Systeme. Ausserdem sind sie einfacher als die Maschinen der anderen Gruppen, wenngleich im Gegensatze hierzu ihr Gang weniger gleichmässig als bei jenen ist.

Anmerkung. In die Gruppe A sind zwei Maschinen aufgenommen, welche ihres Kreisprozesses halber hierher gehören, jedoch besondere Eigenthümlichkeiten haben, wegen welcher sie eigentlich zu einer besonderen Gruppe vereinigt werden müssten, die Maschinen von Charon und von Atkinson mit vollkommener Expansion. Die letztere Maschine bietet noch eine andere Schwierigkeit bei der Gruppirung, da sie, obgleich eine Kompression der Ladung im Arbeitscylinder stattfindet, bei jeder Umdrehung eine Explosion hat.

Die beiden erwähnten Maschinen sollen am Ende dieser Gruppe besonders behandelt werden.

Die Otto'schen Gasmotoren. Als erste Maschine der Gruppe A soll diejenige besprochen werden, welche die Grundlage für alle anderen gebildet hat, die Maschine von Otto.

Durch den grossen Erfolg, welchen seine Maschine errungen hatte, ermuthigt, hat Otto verschiedene Typen geschaffen, welche je nach den Bedürfnissen weiter ausgebildet sind und sich in mancher Hinsicht von einander unterscheiden.

In der Folge sollen zunächst die Ausführungen der französischen Gesellschaft für den Bau Otto'scher Gasmaschinen besprochen, und sodann die

von anderen Konstrukteuren angebrachten wichtigen Aenderungen besonders hervorgehoben werden [1]).

Liegende, eincylindrische Maschinen. Der erste Otto'sche Gasmotor war ein liegender mit einem Cylinder A (Figg. 33—43), welcher am Gestell B freitragend befestigt und an der Kurbelseite offen war.

Der Kolben a überträgt die Bewegung mittelst der Kolbenstange b, des Kreuzkopfes C und der Pleuelstange d auf eine gekröpfte Welle c. Dieselbe trägt am einen Ende ein Schwungrad e und eine Antriebsscheibe, während an der anderen Seite der Kurbel ein Kegelrad g auf der Welle befestigt ist. Dasselbe bewegt mittelst eines zweiten Kegelrades g' von doppelter Grösse eine parallel zur Cylinderachse liegende Hilfs- oder Steuerwelle D, welche zum Antriebe der Steuerungsorgane für den Ein- und Auslass und die Zündung, sowie der zur Regulirung und Schmierung dienenden Mechanismen dient. Die Einströmung und Zündung wird durch einen am hinteren Ende des Cylinders hin- und hergleitenden Flachschieber E regulirt, dessen Bewegung durch eine kleine, am Ende der Steuerwelle befindliche Kurbel i und eine Pleuelstange h geschieht.

Zum Auslass dient das Ventil F, welches im gewünschten Momente durch den Nocken j und den Hebel k geöffnet wird.

Der Schieber gleitet zwischen einer am hinteren Ende des Cylinders befestigten, sauber abgeschliffenen Platte l und einer durch vier Schrauben gehaltenen Gegenplatte l' hin und her. Zwischen die letztere und die Schraubenmuttern sind Federn eingeschaltet, welche ein Andrücken der Platte gegen den Schieber bewirken. Am hinteren Ende des Cylinders befindet sich der in der Mitte des Cylinders mündende Kanal I, welcher die Einströmung und Zündung vermittelt, sowie ein Kanal P, durch welchen die Luft einströmt. Vom Kanal I zweigt noch ein kleiner Kanal ab, dessen Zweck weiter unten erklärt werden wird. Das für den Cylinder bestimmte Gas strömt in einen in der Gegenplatte befindlichen Kanal K. In der Gegenplatte befindet sich ausserdem eine Höhlung L, in welcher eine Dauerflamme brennt, ferner ein Kanal m, welcher das zur Bildung der Zündflamme erforderliche Gas liefert, und ein gleichfalls zur Vermittelung der Zündung dienender Kanal q.

Der Schieber enthält zur Vermittelung der Einströmung einen T-förmigen Kanal M, in dessen Rückwand sich ein, durch eine bestimmte Anzahl von Oeffnungen gebildeter Vertheiler n befindet, während die Kanäle N, o und p zur Zündung dienen (Figg. 38—40). Wie bereits erwähnt macht die zur Bewegung des Schiebers dienende Kurbel i nur eine Umdrehung, wenn die Maschine deren zwei macht. Sie ist um 45° gegen die Maschinenkurbel verstellt, und entspricht jeder Periode des Kreisprozesses eine Drehung der Kurbel i um 90°, wobei die Einströmung bei α (Fig. 37), also 45° über der linken Todpunktstellung derselben, beginnt. Während der vier Perioden des Kreisprozesses

[1]) Im Anschluss daran werden dann die neusten Konstruktionen der Deutzer Gasmotorenfabrik behandelt werden. Anmerkung des Uebersetzers.

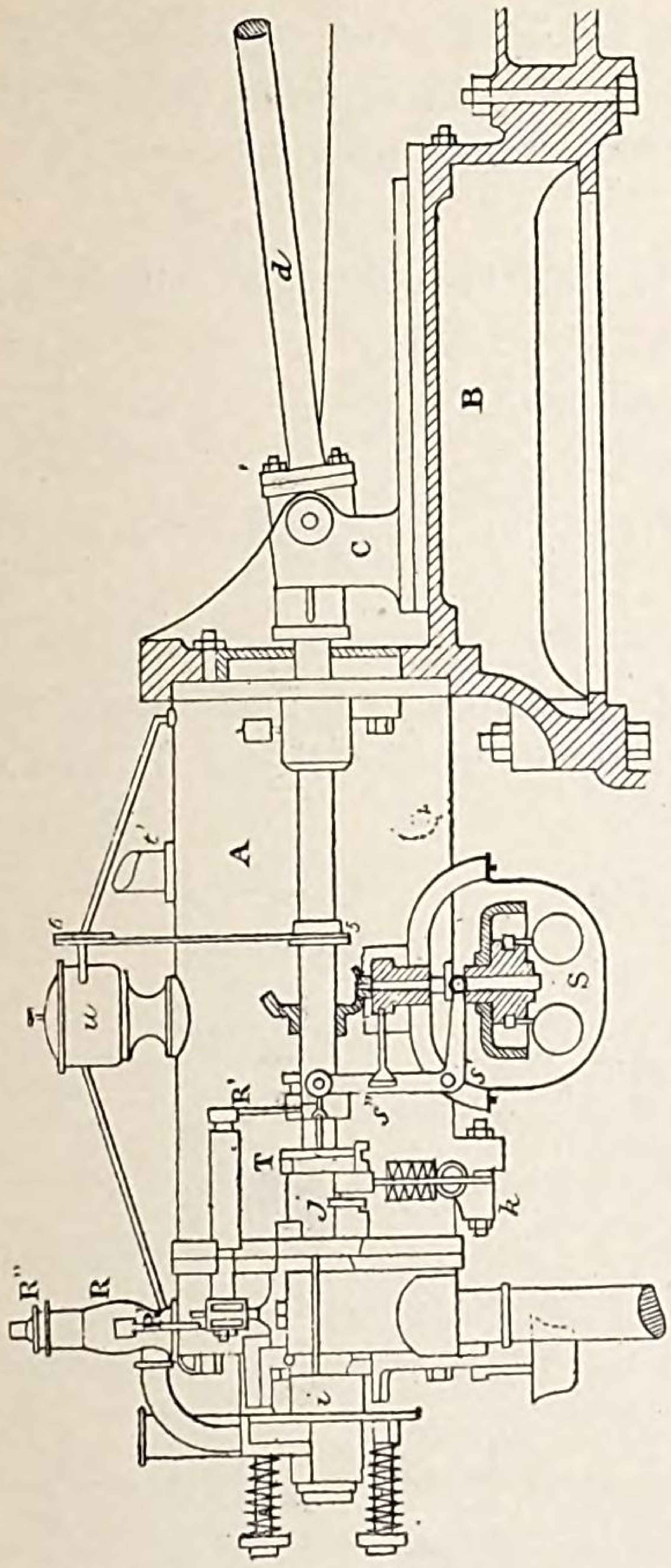


Fig. 33.

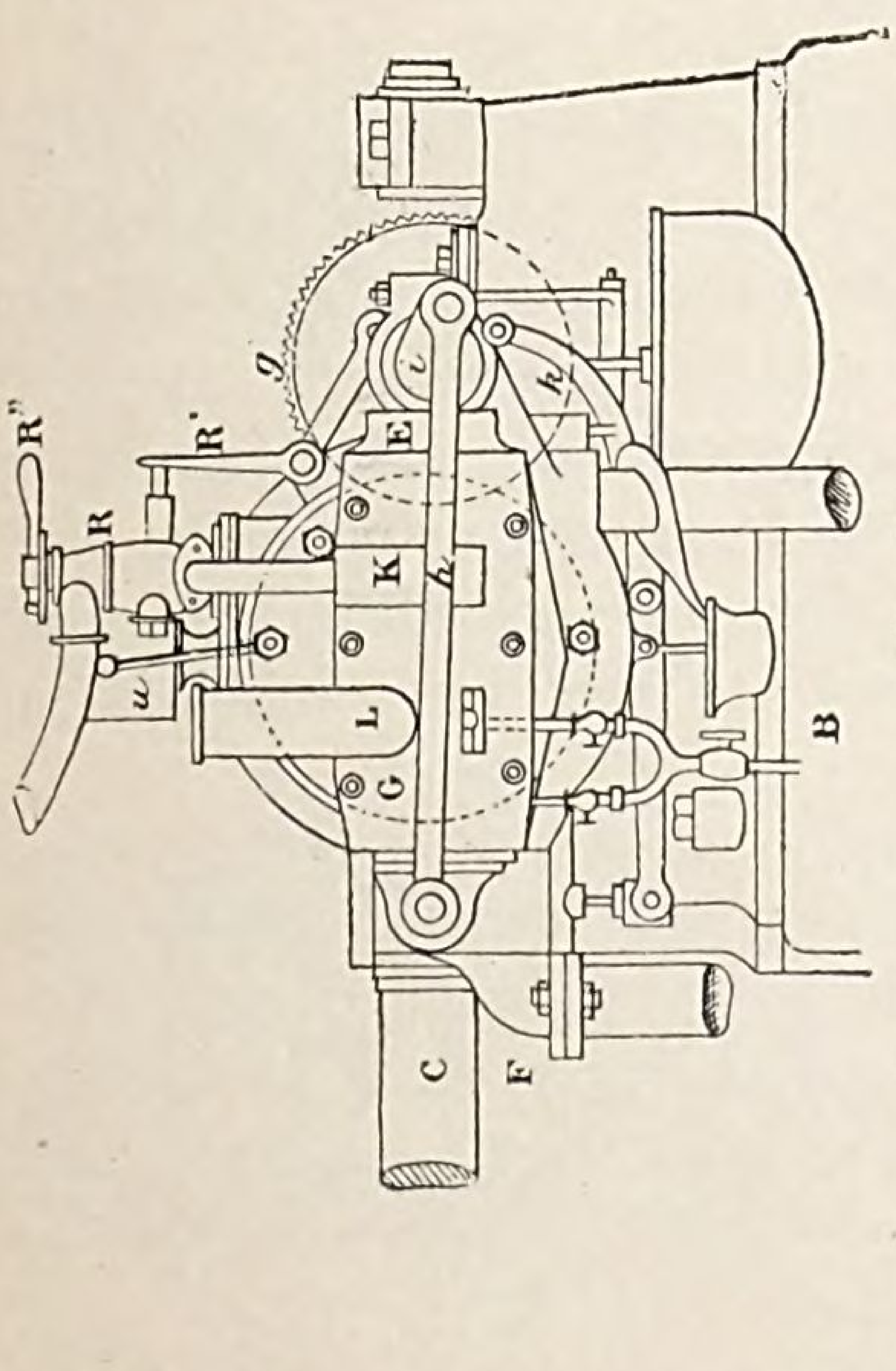


Fig. 34.

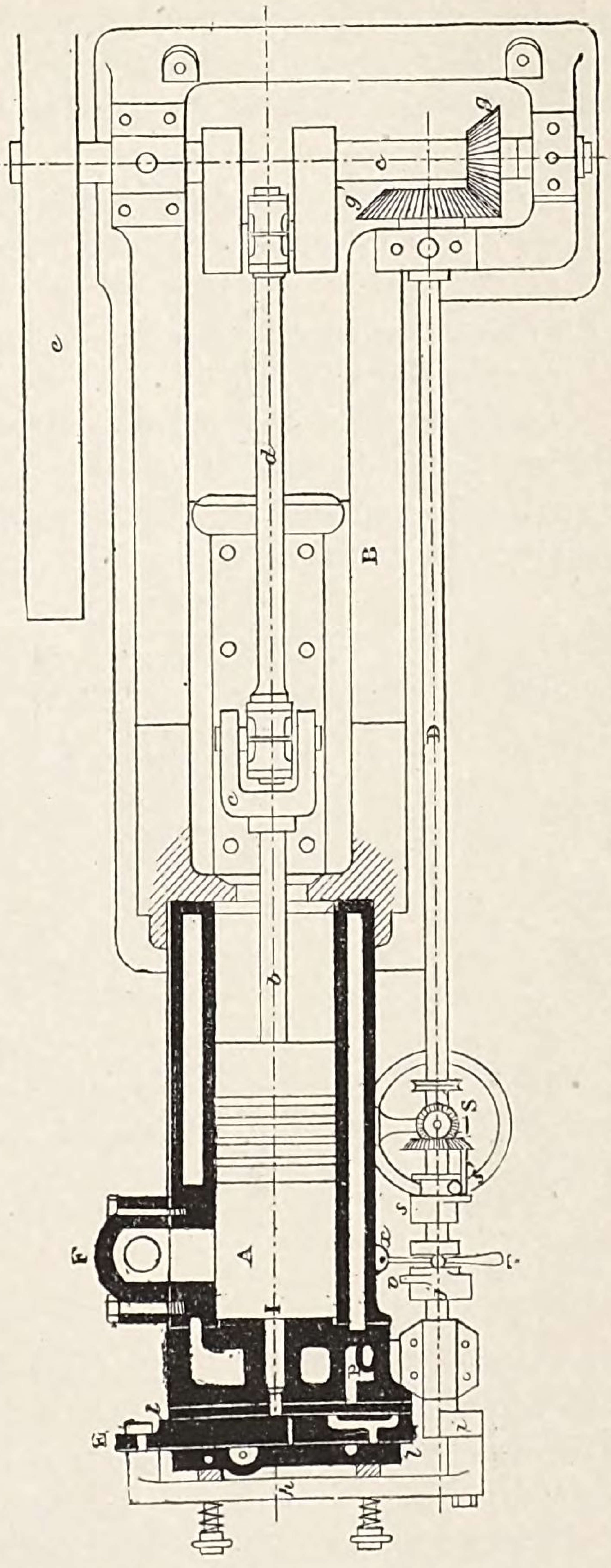


Fig. 35.

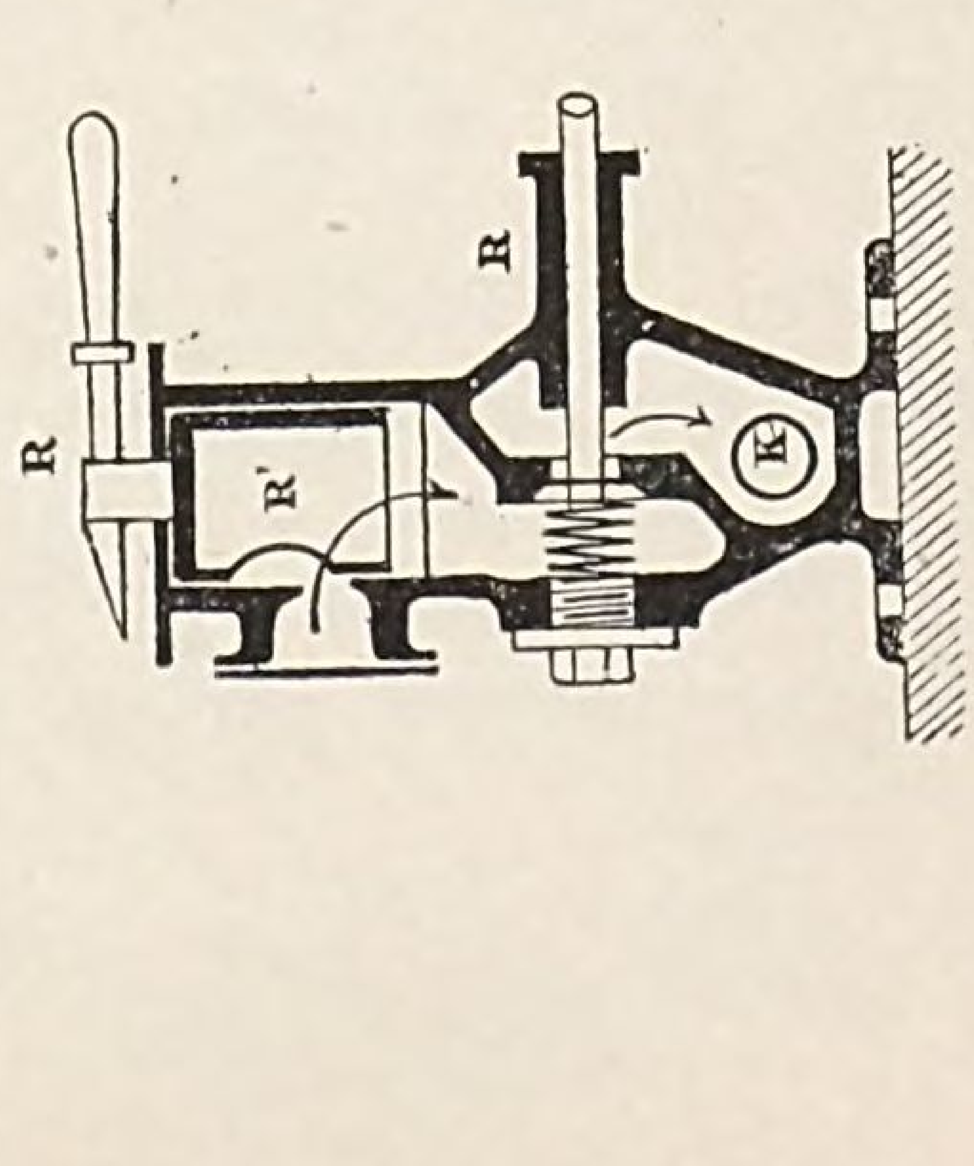


Fig. 36.

werden demnach die vier Bogen $\alpha\beta$, $\beta\gamma$, $\gamma\delta$ und $\delta\alpha$ des Kurbelkreises (Fig. 37) durchlaufen, wobei $\alpha\beta$ die Einströmungsperiode, $\beta\gamma$ die Kompressionsperiode, $\gamma\delta$ die Arbeitsperiode und $\delta\alpha$ die Auspuffperiode repräsentirt.

Dabei ist

$\alpha\beta\gamma\delta$ der von dem Mittelpunkt des Kurbelzapfens i durchlaufene Weg,

$\alpha'\beta'\gamma'\delta'$ der von der Arbeitskurbel durchlaufene Weg,

$\varepsilon\lambda$ der Schieberweg während der Einströmung,

$\lambda\mu\mu\lambda$ derselbe während der Kompression,

$\lambda\varepsilon$ derselbe während der Arbeitsperiode,

$\varepsilon\omega\omega\varepsilon$ derselbe während des Auspuffs.

Dreht sich die Kurbel von α aus im Sinne des eingezeichneten Pfeiles, so wird sich während des Kurbelwegs $\alpha\beta$ die Oeffnung O des Kanals M gegenüber der Oeffnung P (Fig. 38) befinden. Gleichzeitig liegt die Oeff-

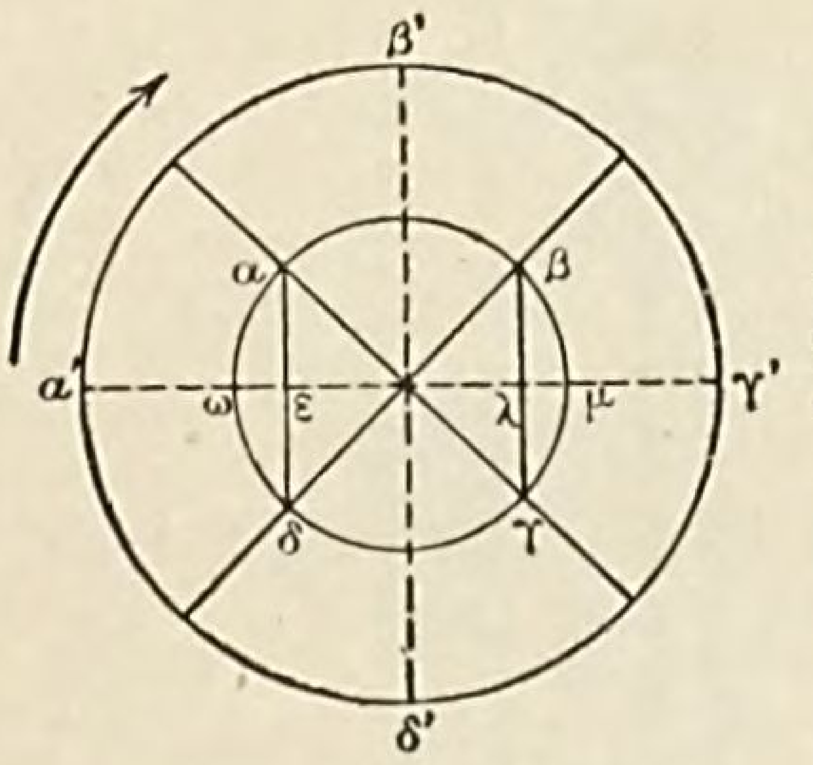


Fig. 37.

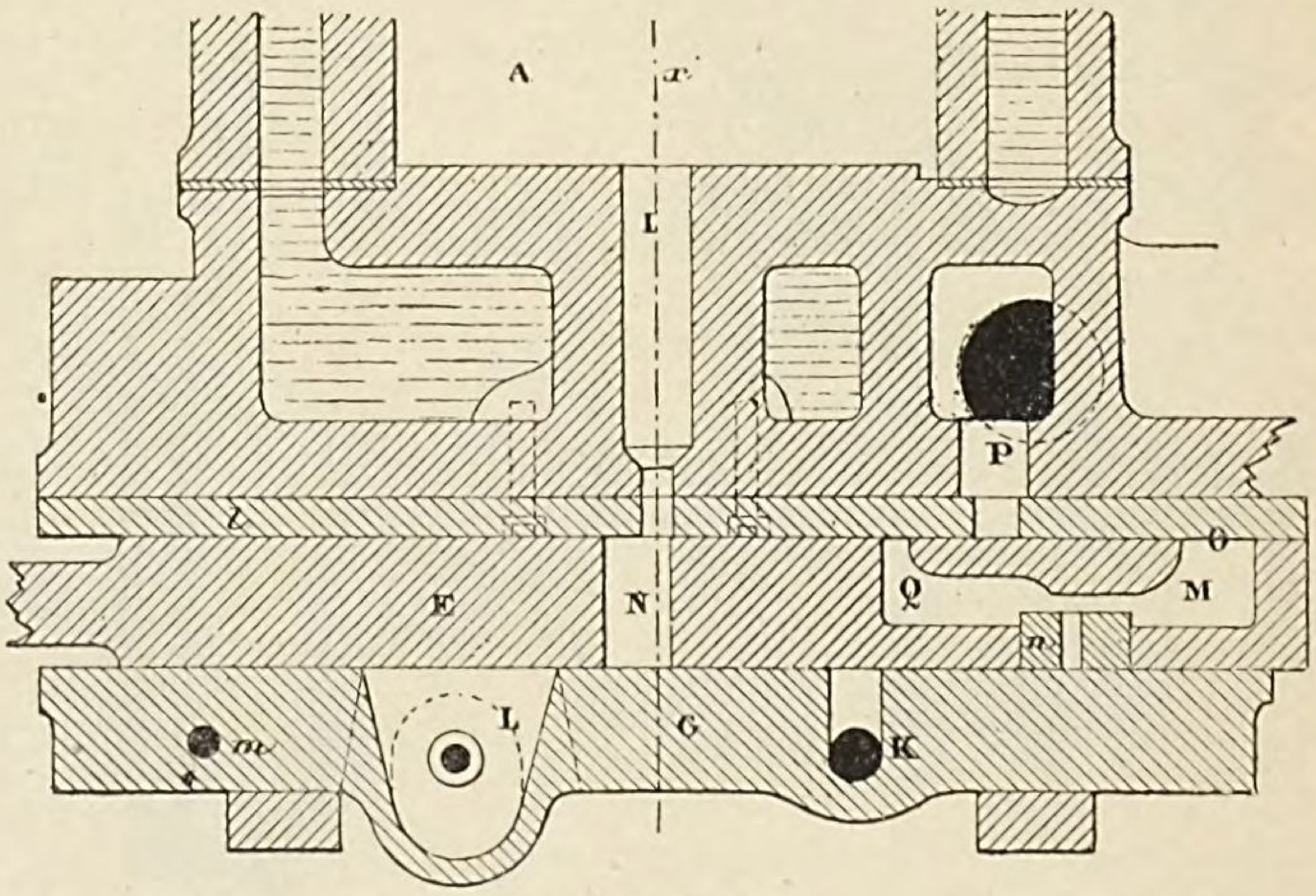


Fig. 38.

nung Q vor der Oeffnung J und die Oeffnung n vor K, so dass sowohl Luft als Gas in dem durch die Querschnitte sich ergebenden bestimmten Verhältniss in den Cylinder einströmt. Der Abschluss der einzelnen Kanäle erfolgt nun in der Weise, dass gegen das Ende der Einströmungsperiode nur noch etwas reines Gas in den Cylinder einströmt, wodurch Otto am hinteren Ende der Zündkammer ein gasreicheres und daher leichter entzündbares Gemisch schaffen wollte. Da sich jedoch auch dieses Gas mit der übrigen Ladung mischen wird, so dürfte diese Anordnung von Otto nur von zweifelhaftem Nutzen sein.

Bei β beginnt die Kompression und sind in diesem Moment die Gas- und Lufteinströmungskanäle, sowie der Kanal J durch den Schieber geschlossen, bis die Kurbel nach γ kommt, in welcher Stellung die Zündung erfolgt.

Während die Kurbel den Bogen $\beta\gamma$ durchläuft und der Schieber sich nach rechts bewegt, wird in einem bestimmten Moment das aus dem Kanal m

in die Gegenplatte einströmende Gas durch die Kanäle m q p o in die Zündkammer N geleitet und an der Flamme L entzündet. Die so gebildete Flamme wird vom Schieber mitgenommen, worauf kurz bevor die Kurbel im Punkte γ

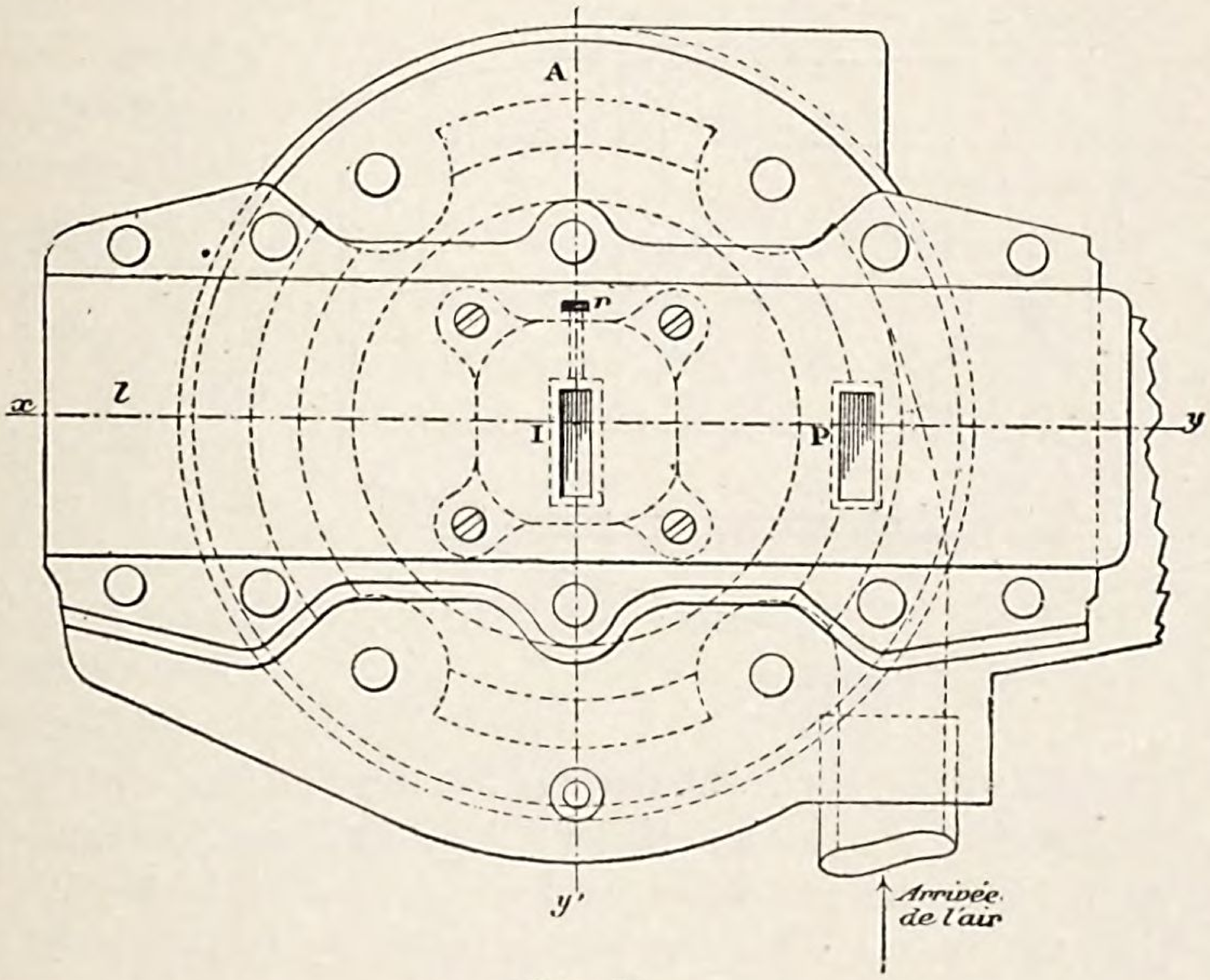


Fig. 39.

ankommt, in welchem die Zündung der Ladung stattfinden soll, durch die Kanäle r in der Bodenplatte des Cylinders und die im Schieber angebrachten Kanäle p und o (Fig. 42) ein Druckausgleich zwischen dem die Vermittelungs-

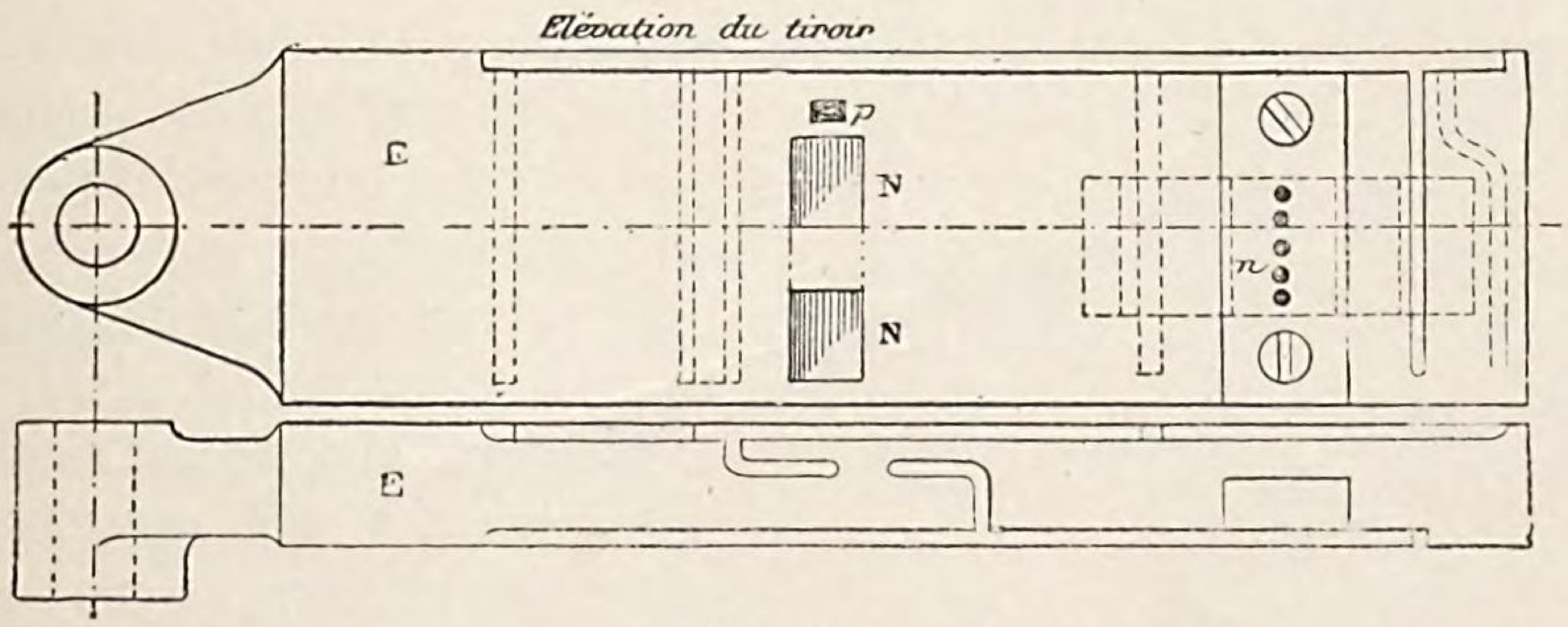


Fig. 40.

flamme enthaltenden Raum N und dem mit der verdichteten Ladung erfüllten Cylinder stattfindet. Erst wenn in beiden Räumen derselbe Druck herrscht, erfolgt die Zündung der Ladung, wobei die Oeffnung N sich gerade vor dem Verdichtungsraum J befindet.

Diese höchst geistreiche Anordnung von Otto ist später von vielen Erfindern nachgeahmt worden. Sie wirkt zufriedenstellend, wenn die Schiebergeschwindigkeit nicht zu gross ist, verursacht jedoch stets Schwierigkeiten in der Wartung und Herstellung, da der Druckausgleichkanal genau an einer erst durch die Erfahrung zu ermittelnden Stelle eingebohrt werden muss, damit die eingeschlossene Vermittelungsflamme, welche wieder von der Grösse der Kammer N abhängig ist, nicht zu lange isolirt bleibt und dadurch erlischt. Die Regulirung der Maschine geschieht durch vollständiges Abschliessen der Gaszuströmung.

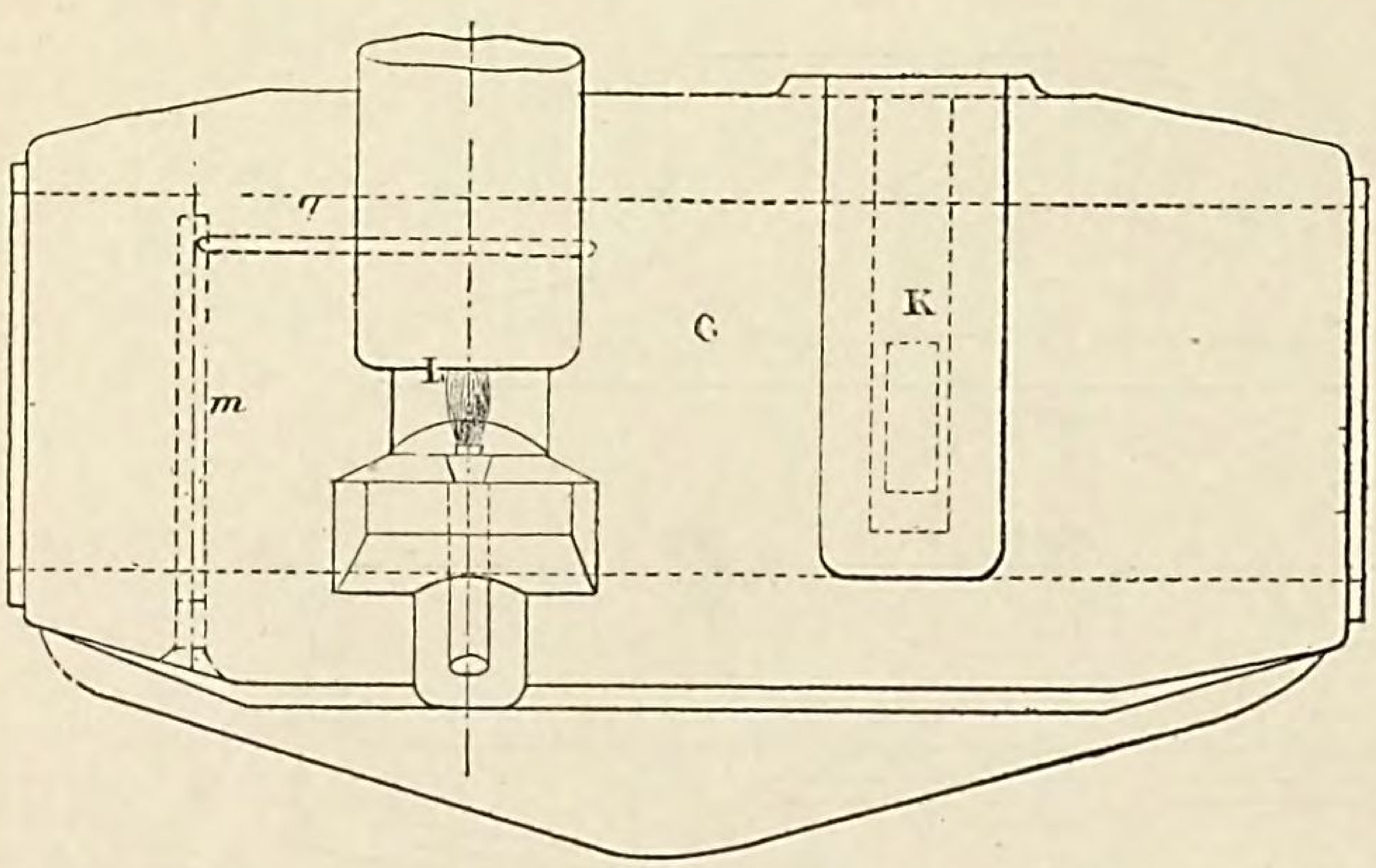


Fig. 41.

Zu diesem Zwecke sitzt auf der Gasleitung ein Gasventil R (Figg. 34 und 36), welches nur durch den Hebel R′ geöffnet werden kann und dann Gas einströmen lässt. Dieser Hebel wird durch einen mit der Welle D sich drehenden und auf ihr vom Regulator S mittelst des Hebels s′ s″ verschiebbaren Nocken s bewegt. Wird die Geschwindigkeit der Maschine zu gross, so verschiebt der Regulator S den Nocken s so weit, dass keine Berührung desselben mit dem Hebel R′ mehr stattfindet, also auch kein Gas, sondern nur Luft in den Cylinder gesaugt wird. Erst wenn hierdurch die Geschwindigkeit der Maschine wieder auf oder unter die normale Geschwindigkeit, für welche sie gebaut ist, sinkt, strömt wieder Gas ein. So gut sich jedoch der Nocken s nach der einen Seite verschieben kann, wenn die Geschwindigkeit zu gross wird, so kann er sich auch nach der entgegengesetzten Seite verschieben, indessen hat diese Verschiebung nur den Zweck, Unglücksfälle beim Anlassen oder beim Stillstand in Folge von Gasausströmung zu vermeiden. Soll die Maschine jedoch angelassen werden, so muss der Nocken dem Hebel des Gasventils gerade gegenüberstehen.

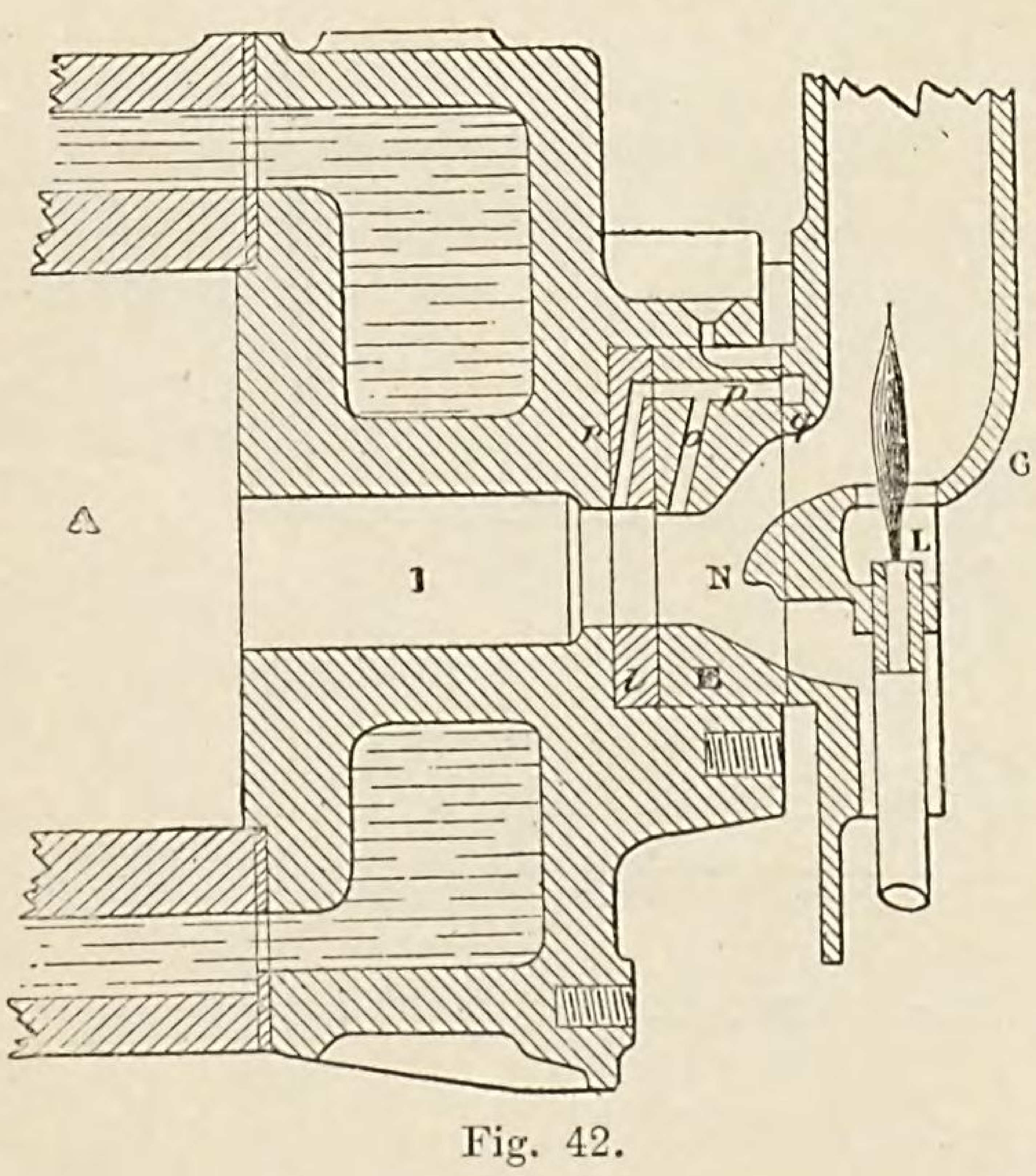


Fig. 42.

Zu diesem Zwecke wird der kleine Hebel s'' (Fig. 33) horizontal gegen den gekröpften Regulatorhebel gestellt, sodass ein Verschieben des Nockens nach rechts unmöglich ist und das Gasventil geöffnet bleibt.

Im oberen Theile des Ventilgehäuses (Fig. 36) ist noch ein von Hand zu bewegender, mit einem Zeiger und einer Theilscheibe versehener Hahn R' angebracht, durch welchen der Gaszufluss vom Gummibeutel während des Stillstandes ganz abgeschlossen und während des Betriebes regulirt werden kann.

Zur Kühlung dient Wassercirkulation, und findet der Eintritt des Wassers bei t, der Austritt bei t' (Fig. 33) statt.

Die Schmierung des Schiebers und Cylinders erfolgt selbstthätig durch einen Schmierapparat u, Fig. 43, welcher auf dem Cylinder befestigt ist. Derselbe besteht aus einem Oelbehälter 1, von welchem zwei Leitungen, 2 und 3, nach dem Cylinder bezw. dem Schieber führen.

In der oberen Hälfte des Oelbehälters liegt eine Welle 4, welche von der Steuerwelle D durch die beiden Scheiben 5 und 6 (Fig. 33) und eine Schnur bewegt wird. Auf der Welle 4 sind zwei kleine Scheiben 7 und 8 befestigt, an welchen die Hebel 9, 9', 9'' drehbar aufgehangen sind; dieselben tauchen bei ihrer untersten Stellung in das Oel, nehmen je einen Tropfen mit und streichen denselben bei der Berührung mit den oberen trichterförmigen Mündungen der Leitungsrohre 2 und 3 an dieselben ab. Hierdurch ist die Schmierung für eine gewisse Zeit, entsprechend dem Oelinhalte des Behälters, gesichert. Ausserdem erfolgt die Schmierung stets im Verhältnisse zur Geschwindigkeit der Maschine und hört vollkommen auf, sobald die Maschine stillsteht.

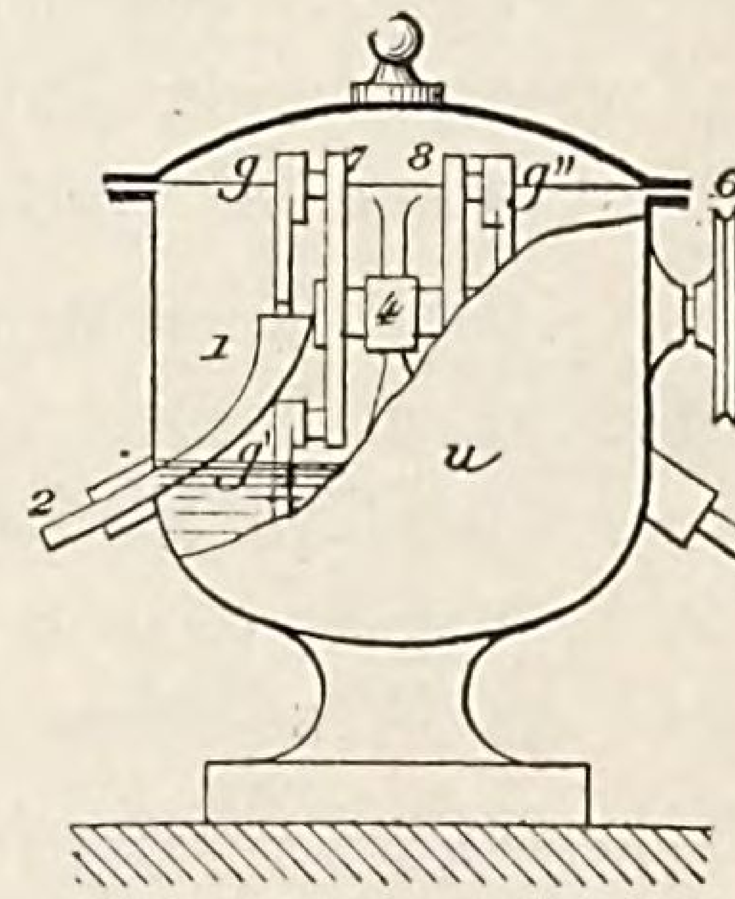


Fig. 43.

Ein weiterer Vortheil dieser Schmiervorrichtung ist der, dass das Oel stets kalt bleibt und mit den Verbrennungsgasen in keine Berührung kommt, also von ihnen auch nicht zersetzt werden kann.

Auch lässt sich mit diesem Apparate eine Schmierung verschiedener Partieen der Maschine mit verschiedenen Oelen bewerkstelligen, in welchem Falle der Oelbehälter in zwei oder mehrere Kammern getheilt ist, deren jede mit dem gewünschten Oel gefüllt und mit den entsprechenden Leitungsröhrchen verbunden wird.

Das Anlassen stärkerer Maschinen wird durch Verminderung der Kompression im Cylinder erleichtert.

Zu diesem Zwecke ist der das Auslassventil bewegende Nocken j (Fig. 33) auf einer Hülse angebracht, welche mittelst des um den Punkt x drehbaren Hebels T auf der Welle D verstellt werden kann (Fig. 35). Auf dieser Hülse sitzt noch ein zweiter Nocken v, welcher das Auslassventil beim Anlassen

der Maschine eine kurze Zeit offen hält, wodurch ein Theil der angesaugten Ladung wieder ausgetrieben und somit die Kompression verringert wird.

Die folgende Tabelle enthält die Abmessungen etc. der liegenden, eincylindrischen Otto'schen Motoren der französischen Patentinhaberin.

Leistung in effekt. PS.		1/2 mit Sockel	1	2	4	6	8	12	16	20	25
Abmessungen in m	Länge	1,90	2,20	2,50	2,92	3,35	3,35	3,89	4,50	4,60	4,60
	Breite	0,80	0,95	1,07	1,30	1,50	1,54	1,78	1,90	1,90	1,95
	Höhe	1,40	1,57	1,65	1,74	1,86	1,86	2,00	2,00	2,00	2,00
Tourenzahl in der Minute		180	180	180	160	160	160	140	140	140	140
Abgerundetes Gewicht der Maschine kg		735	660	950	1600	2500	2700	4600	6000	6800	7000
Abgerundetes Gewicht des Fundamentsockels, kg		mit Sockel	350	425	550	600	600	735	735	735	735

Liegende Otto'sche Maschinen mit mehreren Cylindern. Für Leistungen zwischen 5 und 50 PS. sind verschiedene Typen liegender Zweicylindermaschinen gebaut worden, in deren einen Cylinder Einströmung stattfindet, wenn der andere sich in der Arbeitsperiode befindet.

Diese Maschinen haben somit bei jeder Umdrehung eine Explosion und daher einen bedeutend ruhigeren Gang als die vorhergehenden, wodurch sie namentlich für die Zwecke elektrischer Beleuchtungen besonders geeignet sind. Sie beruhen auf demselben Prinzip wie die vorbesprochenen Maschinen, und sind im Wesentlichen nichts weiter als eine Zusammenstellung zweier eincylindrischer Maschinen, deren Organe meistens doppelt vorhanden sind und symmetrisch zur Hauptachse der Maschine liegen.

Beide Cylinder sind freitragend an einem gemeinschaftlichen Rahmen befestigt. Die Kolben treiben durch zwei Pleuelstangen eine doppeltgekröpfte Welle, welche mit zwei gleich gerichteten Kurbeln versehen ist und an den beiden Enden zwei kräftige Schwungräder und eine Antriebsscheibe trägt. Bei einigen Maschinen liegt nur eine einzige Steuerwelle zwischen beiden Cylindern und bewegt alle zur Steuerung, Zündung, Regulirung und Schmierung dienenden Organe.

Die Einströmung und Zündung wird bei jedem Cylinder durch einen Schieber von der besprochenen Form regulirt, welcher ebenso wie bei den früheren Maschinen durch eine kleine Kurbel bewegt wird.

Auch die Regulirung erfolgt in derselben Weise wie früher, indessen ist nur ein Regulator und ein gemeinschaftliches Gasventil vorhanden, von welchem zwei Leitungen nach den beiden Cylindern abzweigen. Mittelst eines besonderen in der einen dieser Leitungen angebrachten Hahnes kann bei geringerer Leistung der betreffende Cylinder ganz ausser Thätigkeit gesetzt werden, und die Maschine nur mit einem Cylinder arbeiten.

Zur Schmierung erhält dagegen jeder Cylinder seinen besonderen Apparat. Die Kühlung geschieht durch Wassercirkulation, das Einsaugen der Luft aus einem hinter der Maschine im Fundamente angebrachten, cylindrischen, am Boden mit Löchern versehenen Saugtopfe.

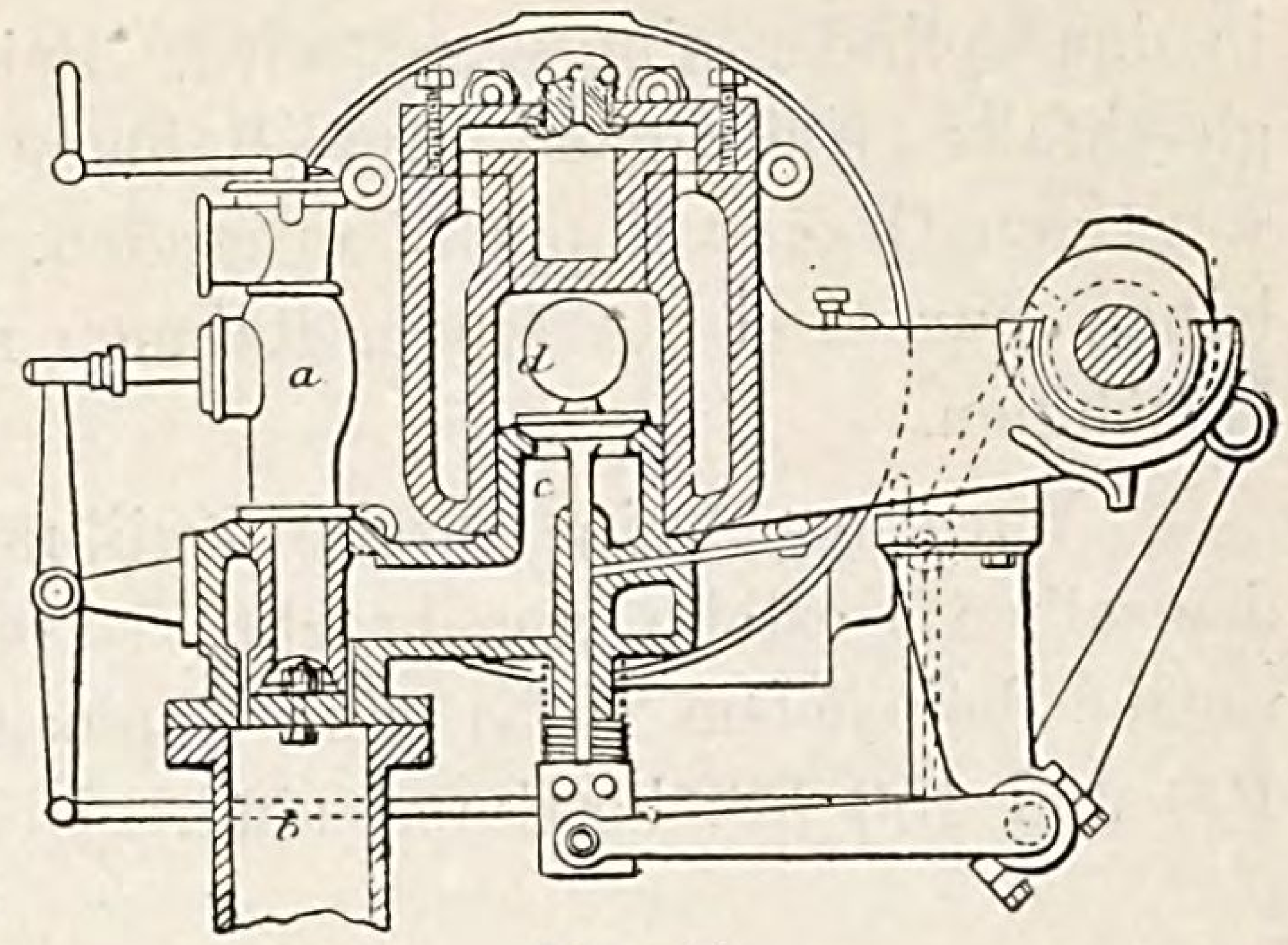


Fig. 44.

Seit Kurzem werden die Otto-schen Maschinen für grössere Leistungen mit besonderen Einlassventilen ausgerüstet und dient der Schieber nur noch zur Zündung, da derselbe, wenn er auch die Einströmung mitbedienen sollte, zu gross und zu schwer werden und keine guten Resultate ergeben würde.

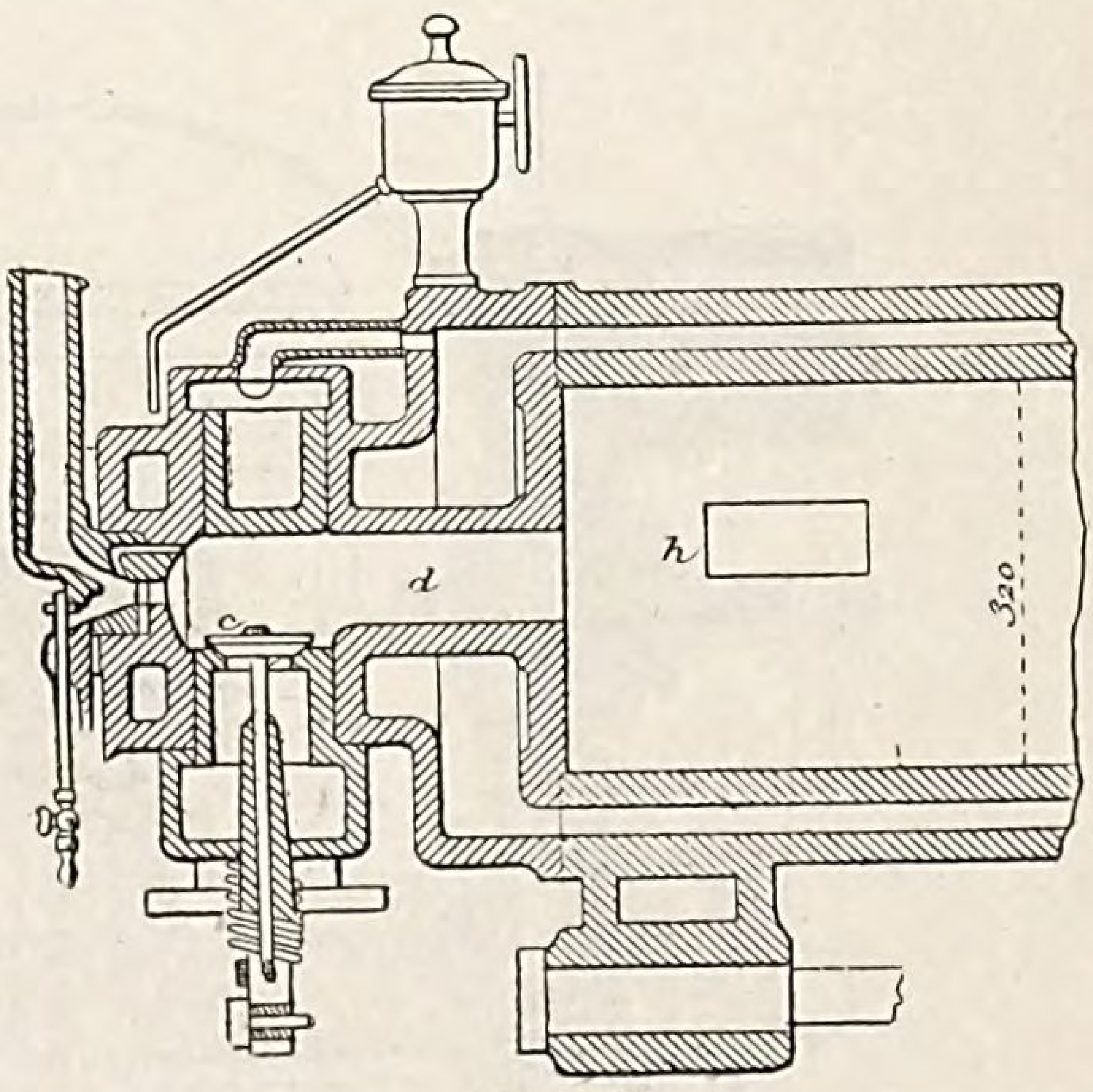


Fig. 45.

Die Ventilmaschinen (Figg. 44 bis 46) unterscheiden sich wenig von den Schiebermaschinen. Die Verbindungskammer d zwischen dem Schieber und dem Cylinder h (Fig. 45) enthält das in einem besonderen Ventilsitz angebrachte, vertikale Einlassventil c, welches durch eine Ventilstange, einen Zwischenhebel und einen auf der Steuerwelle sitzenden Nocken geöffnet wird. An das zum Ventil c führende Rohr schliesst sich das Luftzuleitungsrohr b an, über welchem das bereits besprochene und in Figur 47 im Querschnitt dargestellte Gasventil angebracht ist. Die Oeffnung des Gasventils geschieht durch den Nocken z, diejenige des Einlassventils F durch den Nocken m. Die Stellung der beiden Nocken gegeneinander ist derartig, dass das Gasventil noch geschlossen ist, während das Einlassventil bereits kurze Zeit geöffnet ist, sodass zunächst frische Luft und hierauf erst ein Gemisch von Gas und Luft

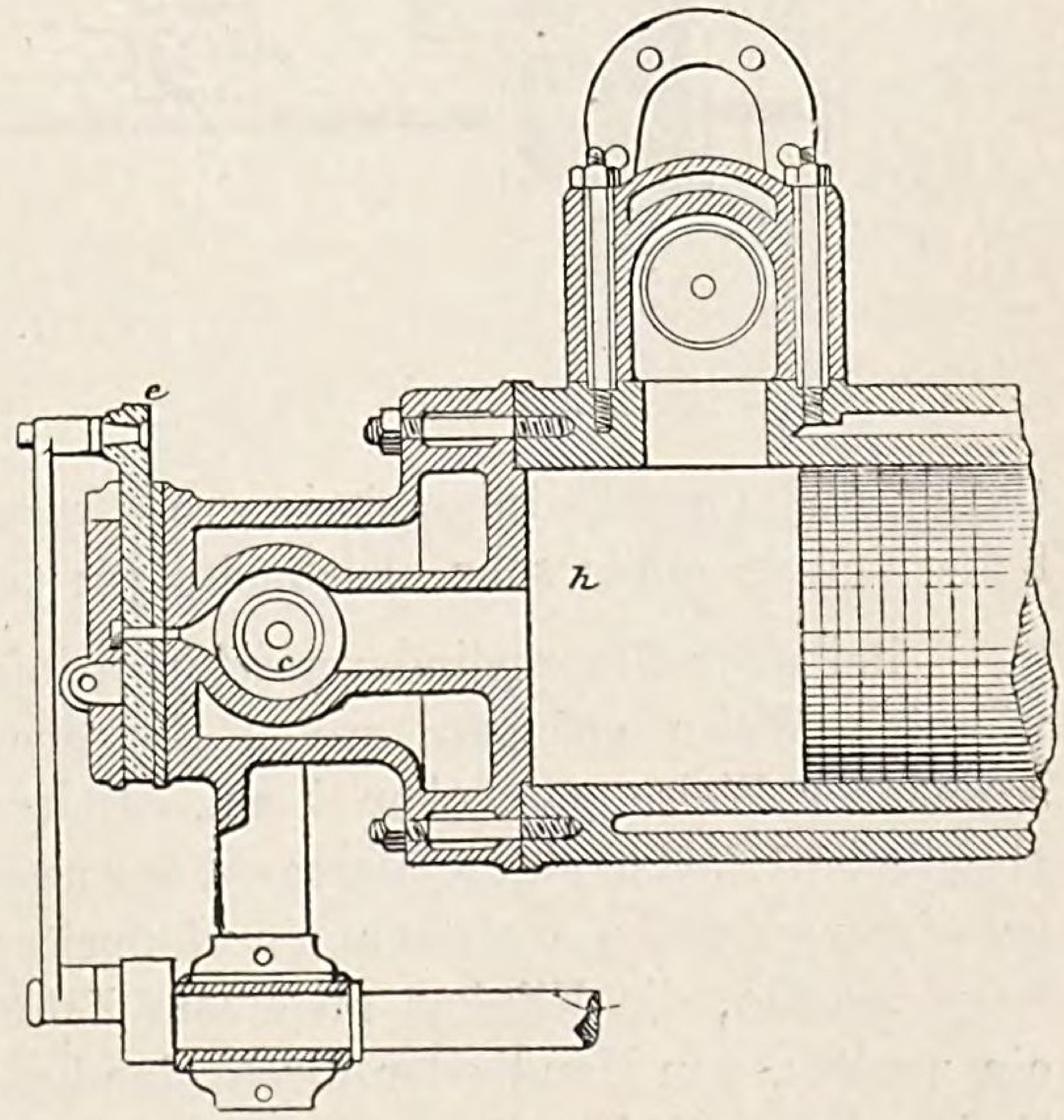


Fig. 46.

in den Cylinder eingesaugt wird. Bei Zwillingsmaschinen sind beide Cylinder gleichfalls freitragend am Rahmen befestigt und alle Steuerungs- und sonstigen Organe doppelt vorhanden. Auch diese Maschinen sind im Wesentlichen nur zwei auf einem Rahmen nebeneinander angeordnete Eincylinder-Maschinen.

Wird noch eine zweite Zwillingsmaschine symmetrisch zur ersten an demselben Gestelle angebracht, so erhält man die Viercylinder-Maschinen, welche bei jedem Hube eine Explosion haben und für Leistungen von 75, 100 und 150 PS. bestimmt sind. Dieselben sind jedoch schwer, komplizirt,

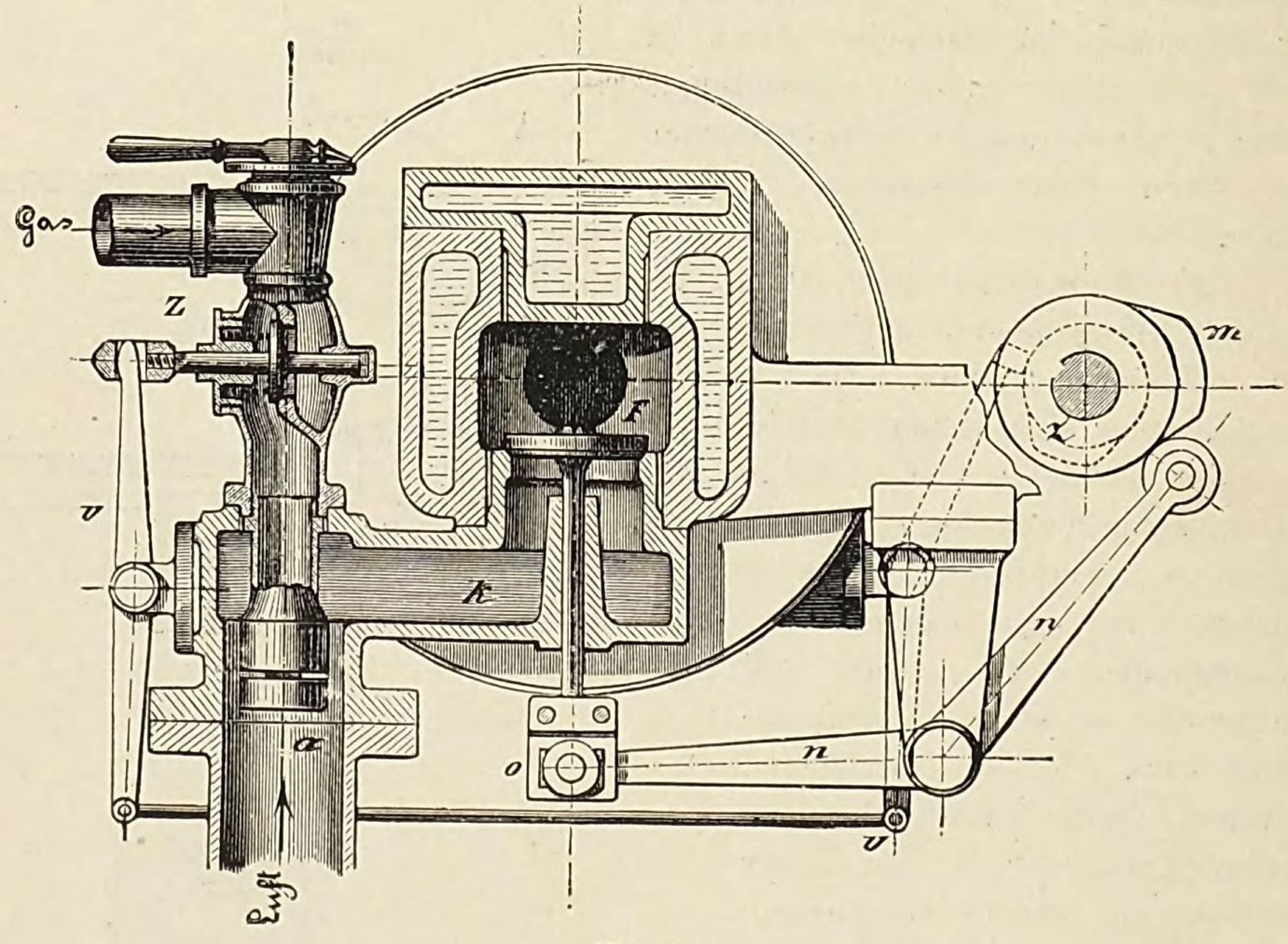


Fig. 47.

theuer und unverhältnissmässig gross, wogegen sie bei einem ziemlich leichten Schwungrade einen sehr gleichmässigen Gang besitzen.

Bei allen Mehrcylindermaschinen kann das Anlassen in der bereits erwähnten Weise erfolgen, wobei die Bewegung des Schwungrades in verschiedener Weise geschehen kann. Indessen wendet sowohl die französische Gesellschaft, als auch die Mehrzahl der anderen Erbauer Otto'scher Maschinen zu diesem Zwecke meistens ein doppeltes Schaltwerk an, dessen Zähne am Schwungrade, die Klinken an einem Zahnrade befestigt sind, welches durch ein zweites, von Hand oder durch eine besondere Maschine bewegtes, kleineres Rad gedreht wird.

Die folgende Tabelle enthält die Ausführungen liegender Zwillingsmaschinen der französischen, zum Bau Otto'scher Maschinen berechtigten Gesellschaft.

Leistung in effekt. PS.		5	8	12	16	20	25	40	50
Abmessungen in m	Länge	2,50	2,79	3,22	3,22	3,72	3,72	4,65	4,65
	Breite	1,75	2,07	2,26	2,26	2,53	2,53	"	"
	Höhe	1,65	1,77	1,80	1,80	1,92	"	"	"
Tourenzahl in der Minute		200	160	160	160	140	"	"	"
Abgerundetes Gewicht der Maschine in kg		2150	3700	5000	5500	7500	7800	10000	11500
Abgerundetes Gewicht des gusseisernen Fundamentsockels in kg		510	620	"	"	"	"	"	"

Stehende Otto'sche Maschinen. Gegen das Jahr 1886 wurden zuerst die stehenden Otto'schen Maschinen für die Bedürfnisse des Kleingewerbes gebaut, welche nach demselben Prinzip wie die liegenden Maschinen arbeiteten.

Sie bestehen im Wesentlichen aus einem stehenden Cylinder A, Figg. 48 bis 50, welcher am unteren Ende erweitert ist, um leicht am Fundament festgeschraubt werden zu können, während er oben zwei Arme zur Unterstützung der bewegten Theile besitzt. Der Kolben B arbeitet mittelst der Pleuelstange a auf die Kurbelwelle C, auf welcher ausser dem Schwungrad c und der Antriebsscheibe b ein Zahnrad d sitzt, welches in ein auf einer Hilfswelle D befestigtes Zahnrad e von doppeltem Durchmesser eingreift, das letztere also in halb so viel Umdrehungen versetzt, als die Kurbelwelle macht. Wie bei den liegenden Maschinen wird die Einströmung und Zündung durch einen, hier vertikalen, Flachschieber E, der Auspuff durch ein Ventil F bewirkt. Der erstere ist im Prinzip dem Schieber der liegenden Maschinen gleich und zeigt nur einige unwesentliche, konstruktive Abweichungen von demselben. Die Luft strömt aus dem unter dem Cylinder befindlichen und als Saugtopf dienenden Raume G durch das Rohr g (Fig. 48) in den Schieber ein, während das Gas durch den Kanal h zugeleitet wird.

Die Einströmung findet statt, wenn der Kanal i (Fig. 48) mit dem zum Cylinder führenden Kanal k in Verbindung steht, in welchem Falle die Luft bei g, das Gas durch den Vertheiler l aus dem Kanal h einströmt. Die Zündung findet gleichfalls wie bei den liegenden Maschinen durch eine Vermittelungs-Flamme statt, welche in der Höhlung o des Schiebers, Fig. 48, entzündet wird. Das Gas dringt durch den Kanal pqr in dieselbe ein (Fig. 50), entzündet sich selbst an der äusseren Zündflamme s und zündet die Ladung des Cylinders durch den Kanal k. Der Druckausgleich findet durch den Kanal t statt. Der Schieber wird durch die von der Kurbelscheibe I bewegte Stange H auf und niedergeschoben. Die Scheibe I sitzt am Ende der Zwischenwelle D,

und bewirkt zugleich durch ihren unrunden, äusseren Rand und die Hebel J J′, die Zwischenwelle K und die Stange J″ die Bewegung des Auspuffventils (Fig. 48).

Die Regulirung durch vollständiges Absperren der Gaszuströmung wird in sehr einfacher Weise mittelst eines Pendel-Regulators mit Gegengewicht bewirkt. Derselbe besteht aus einer am Gestelle befestigten Stange L, Fig. 49, auf welcher eine am äusseren Ende mit einer kleinen Welle u versehene Hülse M hin- und hergleitet. Auf dieser Welle ist einerseits eine Stange v, welche in horizontaler Lage das Gasventil N aufstösst, andererseits ein mit einem Gegengewicht o″ belasteter Hebel o′ befestigt. Durch die Stange z ist die Hülse M mit dem oberen Ende des Schiebers E verbunden, sodass sie beim Auf- und Niedergange desselben horizontal hin und her bewegt wird. Das Gegengewicht ist so bemessen und so ausregulirt, dass bei normaler Geschwindigkeit der Maschine der Hebel v in horizontaler Lage bleibt und im gewünschten Momente das Gasventil öffnet. Steigt dagegen die Geschwindigkeit, so wird die Hülse M zu rasch bewegt, das Gegengewicht o″ bleibt in Folge seiner Trägheit zurück und bewirkt dadurch eine Schrägstellung des Hebels o′ und Drehung des Hebels v nach unten, in Folge deren die am vorderen Ende gegabelte Ventilstange des Gasventils nicht mehr getroffen, das letztere also nicht geöffnet wird. Ein Handgriff P dient zum Oeffnen des Gasventils beim Anlassen der Maschine.

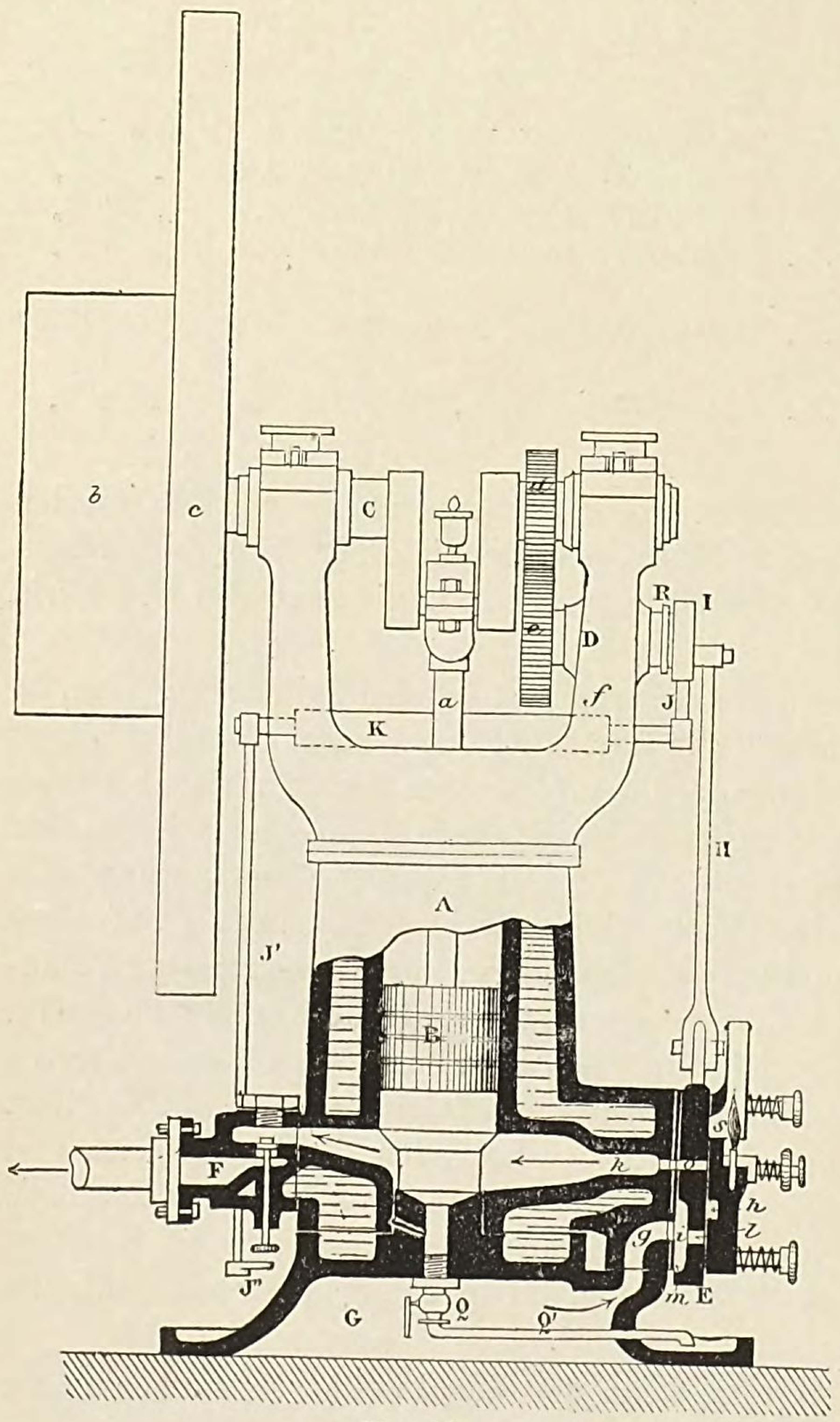


Fig. 48.

Mit Hilfe des Hahnes Q und des Rohres Q′ (Fig. 48) kann man den am Boden des Cylinders etwa angesammelten Schmutz ausblasen.

Zur Schmierung dient, wie bei den horizontalen Maschinen, ein auf dem einen Arm f, Fig. 48, befestigter selbstthätiger Schmierapparat, welcher durch eine auf der Steuerwelle sitzende Schnurscheibe R bewegt wird.

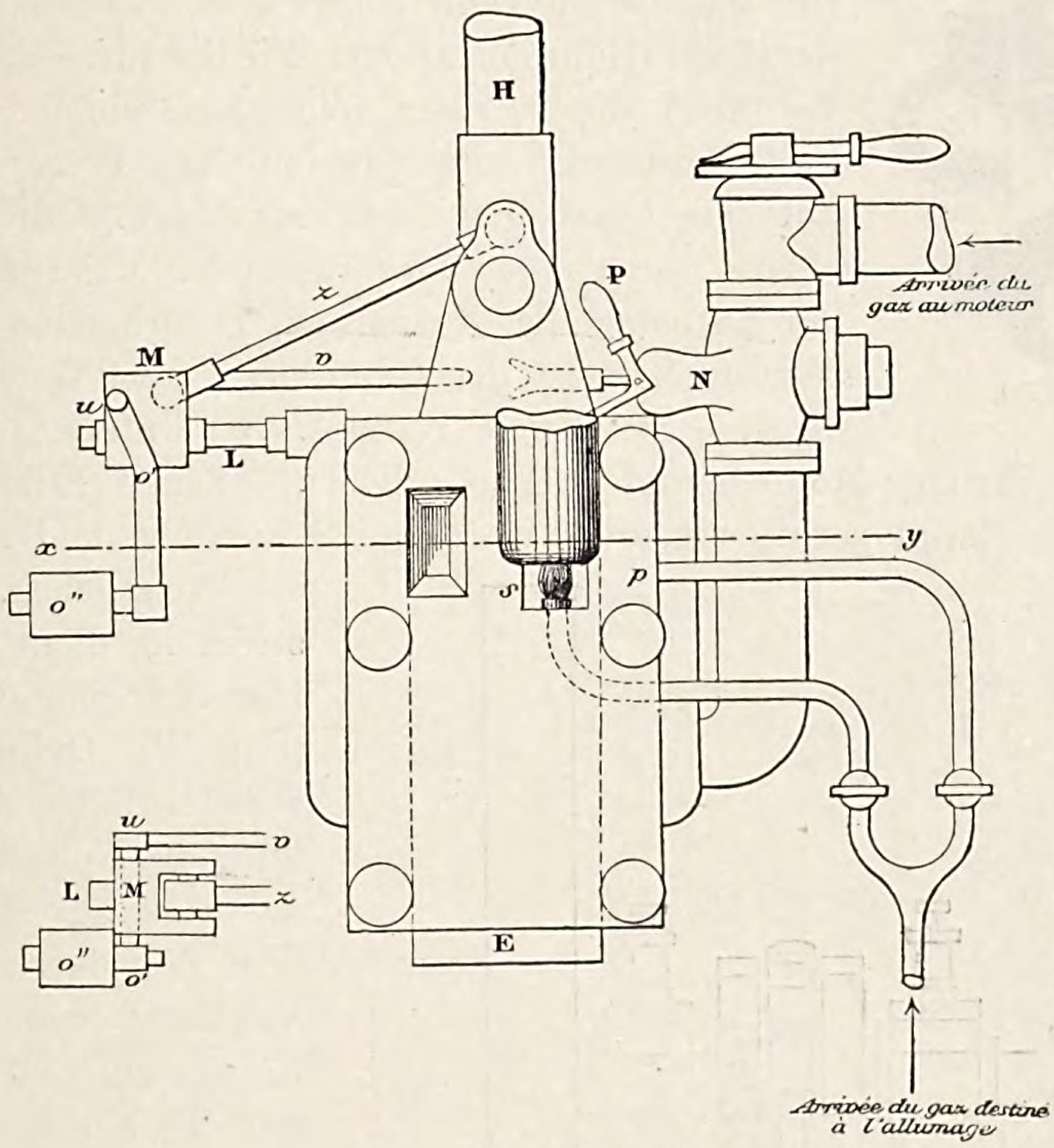


Fig. 49.

Die Kühlung wird durch Wassercirkulation bewirkt, wobei der Eintritt des Wassers am unteren, der Austritt am oberen Ende des Mantels erfolgt.

Die folgende Tabelle enthält die Dimensionen etc. der stehenden Otto'schen Motoren der Pariser Gesellschaft.

Leistung in effekt. PS.		1	2	3	4
Abmessungen in m	Länge	1,35	1,50	1,60	1,65
	Breite	0,95	1,07	1,19	1,29
	Höhe der Kurbelwelle	1,20	1,315	1,380	1,485
	Gesammthöhe	1,880	2,070	2,180	2,310
Tourenzahl in der Minute		200	180	180	160
Abgerundetes Gewicht der Maschine in kg		615	880	1100	1325

In neuster Zeit hat die Deutzer Gasmotoren-Fabrik, um die Anzahl der Maschinen für das Kleingewerbe noch zu vergrössern, Maschinen für

Leistungen unter $^1/_2$ PS. in zwei Nummern, von $^1/_8$ und $^1/_4$ PS., gebaut, welche sich von den vorbesprochenen wesentlich unterscheiden.

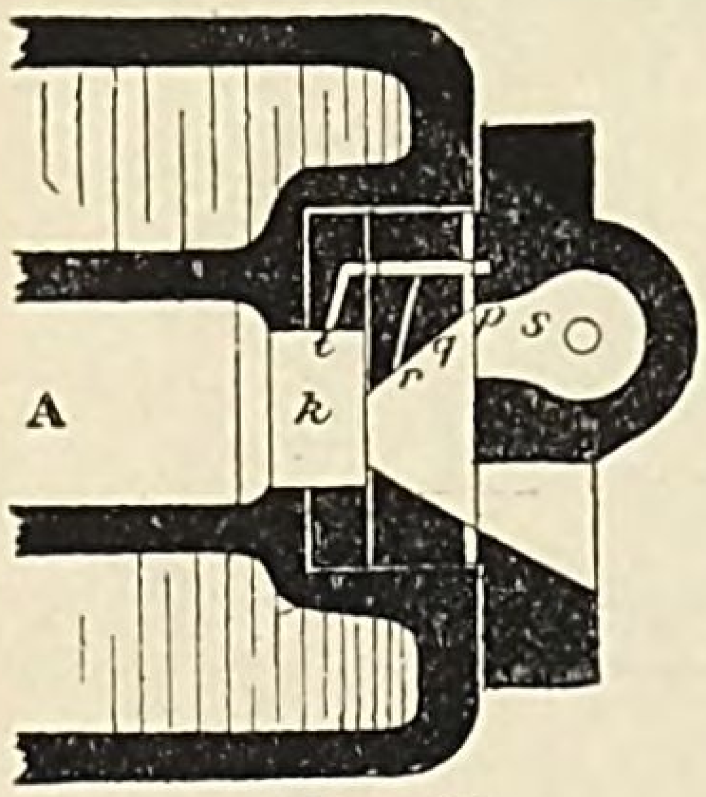


Fig. 50.

Der Schieber ist vollständig fallen gelassen, und zum Einlass ein Ventil angewandt, während die Zündung durch ein Glührohr erfolgt. Wie der vorhergehende Motor hat auch dieser einen stehenden Cylinder A (Figg. 51 bis 53), dessen untere Erweiterung B zur Befestigung auf dem Fussboden, sowie als Saugtopf dient, während ebenso wie bei der vorhergehenden Maschine zwei Arme zur Aufnahme der Kurbelwelle D vorhanden sind, welche letztere mittelst der Zahnräder F und G eine darunter liegende Steuerwelle E treibt. Der Unterschied gegenüber dem vorhergehenden Motor beruht im Wesentlichen in dem Ventilgehäuse I, in welchem alle Hauptoperationen, die Einströmung, Zündung und Ausströmung vor sich gehen. Zur Einströmung dient ein im Gehäuse I angebrachtes Ventil J (Fig. 52). Oeffnet sich dasselbe in Folge der Saugwirkung des Kolbens, so strömt das Gas aus dem Kanal S (Fig. 53) durch kleine, im Ventilsitz von J gelegene Kanäle ein und mischt sich mit der aus dem Saugtopfe durch den Kanal T angesaugten und durch das Ventil einströmenden Luft. Bevor das Gas jedoch in den Kanal S gelangt, geht es durch den Absperrhahn R und das Regulir- oder Gasventil K, dessen Bewegung noch näher zu beschreiben ist.

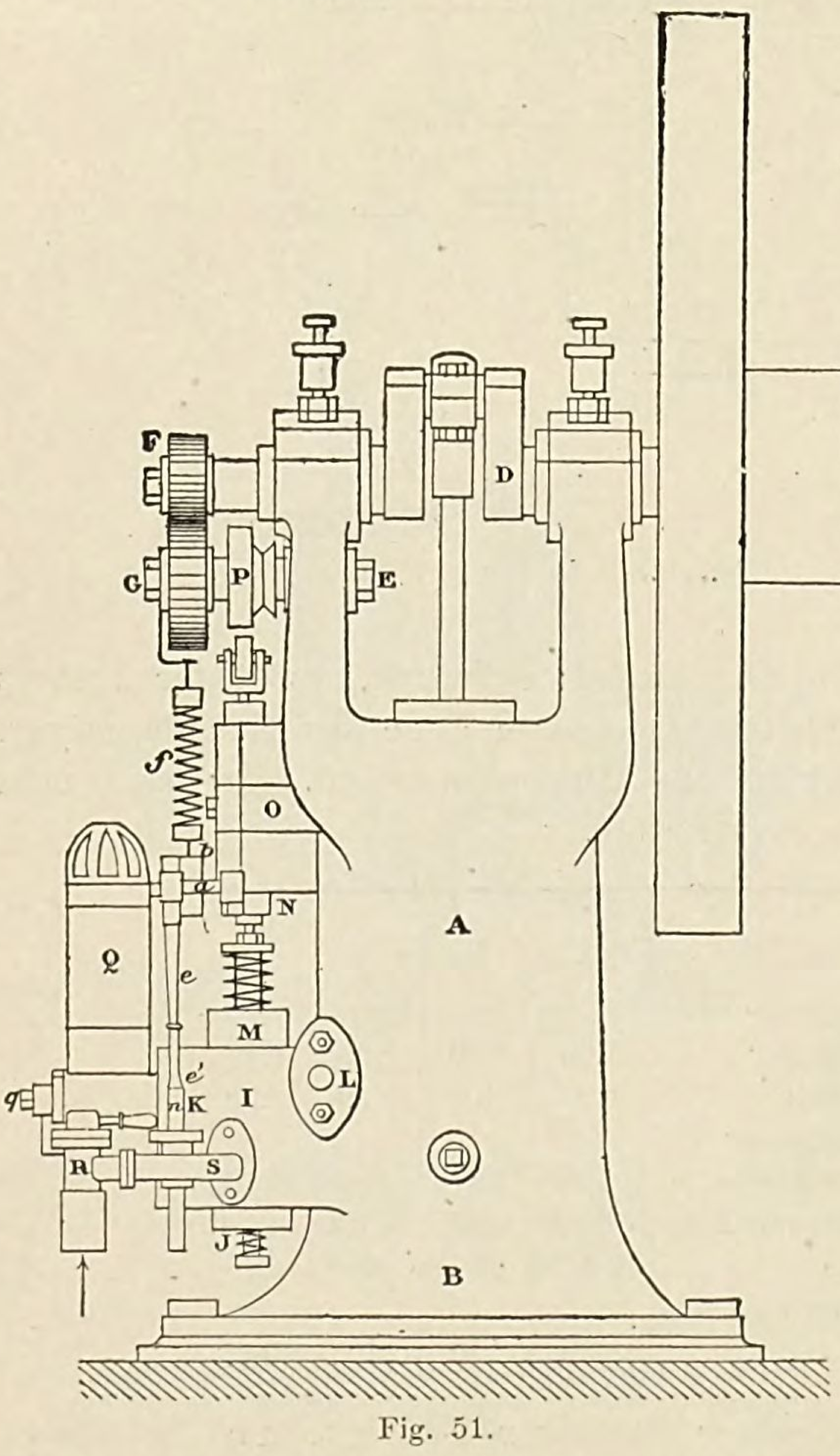


Fig. 51.

Zum Auspuffe dient der Kanal L und das Ventil M (Fig. 52), welches durch den auf der Steuerwelle sitzenden Nocken P und eine bei O im Gestelle geführte Ventilstange N geöffnet wird. Zur Zündung dient ein eisernes Glührohr U, welches durch den über dem Saugventil J liegenden Kanal fortwährend mit dem

Cylinder kommunizirt und durch einen Bunsen-Brenner Q auf Rothgluth erhalten wird. Der Zweck des Regulirpfropfen q im Glührohre ist bereits gelegentlich der allgemeinen Bemerkungen über die Zündungen besprochen worden (s. S. 68, Abs. 3). Die Regulirung durch vollständigen Gasabschluss geschieht durch einen sehr sinnreichen Pendel-Regulator, welcher in den Figg. 51—53 sichtbar ist. Derselbe besteht aus einem rechtwinkeligen, um den Punkt a drehbaren Hebel, dessen einer Arm d ein Gegengewicht trägt, während der andere e in eine Klinke e′ endigt. Der Drehpunkt a ist an einem seitlich an der Ventilstange N des Auspuffventils befestigten Arme angebracht, sodass sowohl dieser als auch der Pendelhebel an der auf- und niedergehenden Bewegung der Ventilstange N theilnimmt.

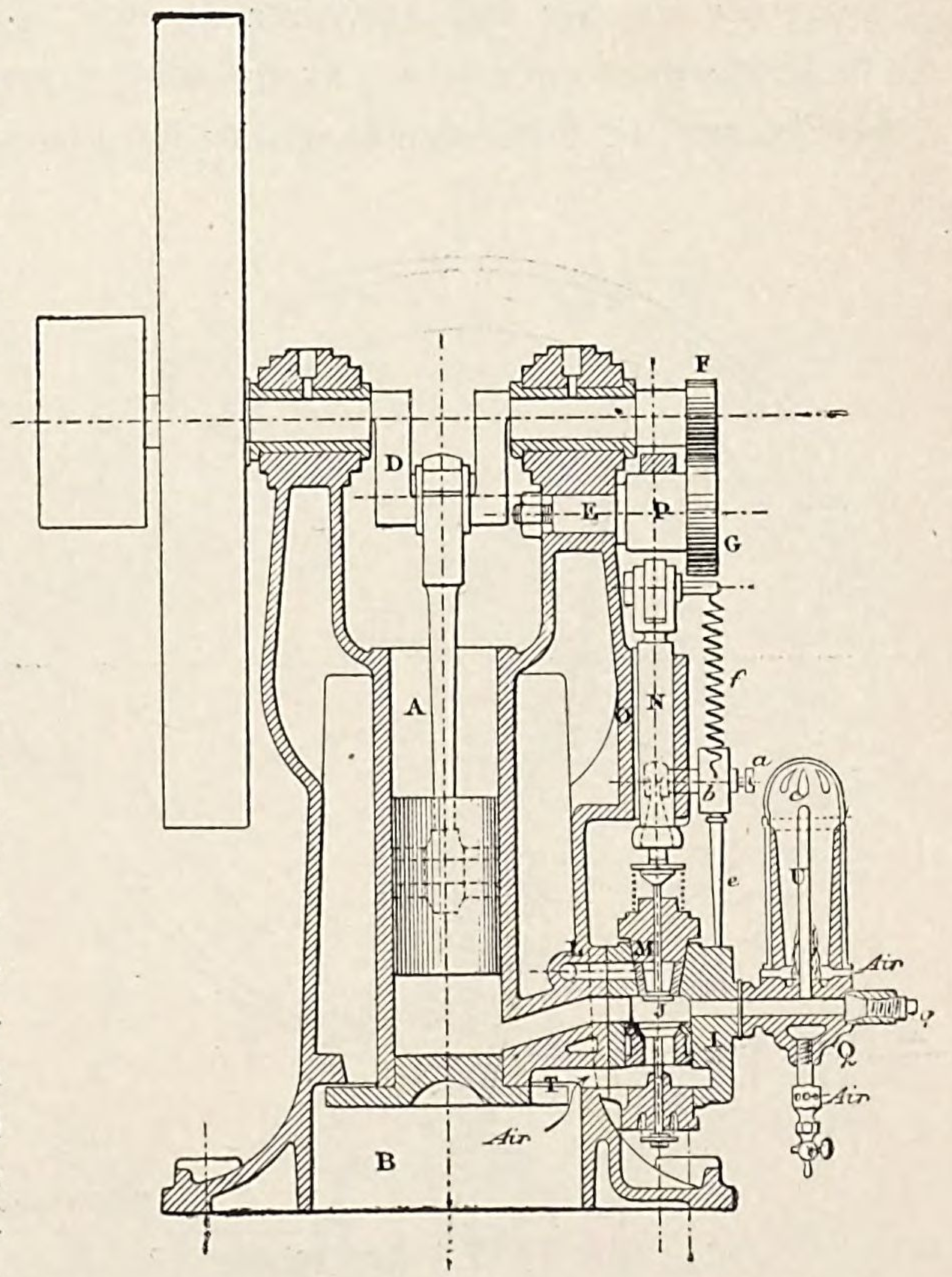


Fig. 52.

Ist die Geschwindigkeit normal, so geht der rechtwinkelig gebogene Hebel e d (Fig. 53) auf und nieder, ohne sich um den Punkt a zu drehen, greift beim Wiederaufgange mit der Klinke e′ unter die Klinke M der Ventilstange des Gasventils und öffnet letzteres. Ist jedoch die Geschwindigkeit zu gross, so bleibt der Arm d beim Aufgange vermöge der Trägheit des Gegengewichtes b zurück, wodurch sich der Hebel e nach aussen bewegt, die Klinke M also nicht mehr berührt und das Gasventil nicht öffnet, sodass kein Gas in den Cylinder gelangen kann.

Zur Kühlung dient wieder Wassercirkulation.

Der höchst sinnreich konstruirte, kleine Motor arbeitet sehr ruhig und kann sowohl rechts- als auch linksherum laufen. Er ist in Frankreich bekannt unter dem Namen des „Neuen Domestic-Motors“.

Der stündliche Gasverbrauch soll für 1/8 PS. 300 l, für 1/4 PS. 500 l betragen, welche Zahlen für diese kleinen Leistungen als sehr günstig zu bezeichnen sind.

Die folgende Tabelle enthält die Abmessungen etc. dieser Motoren.

Leistung in effekt. PS.		1/8	1/4
Abmessungen in m	Länge	0,6	0,67
	Breite	0,55	0,65
	Höhe	0,78	0,90
Tourenzahl in der Minute		300	270
Gewicht der Maschine in kg		125	165.

Die Inhaber und Ausführer der Otto'schen Patente sind:
in Deutschland: die Deutzer Gasmotorenfabrik in Deutz;
in Frankreich: die Compagnie française des moteurs à gaz in Paris;
in England: die Firma Crossley Broth. & Co. in Manchester;
in Belgien und Holland: die Firma Fetu-Defize in Lüttich;
in Nord-Amerika: die Otto Gaz Engine Works vorm. Schleicher, Schumm & Co. in Philadelphia.

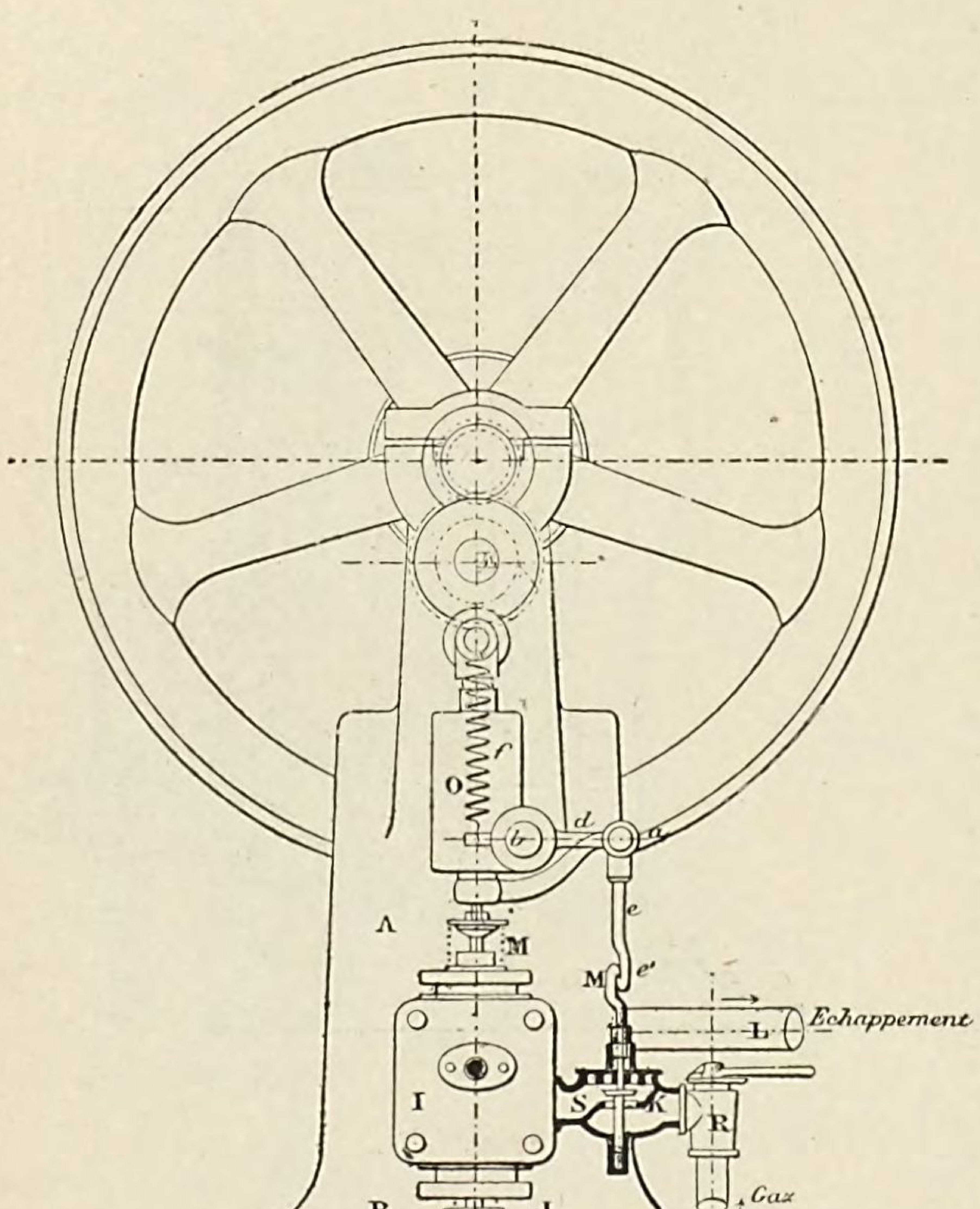


Fig. 53.

Die vorstehenden Beschreibungen beziehen sich auf die miteinander fast vollständig übereinstimmenden Ausführungen der deutschen, französischen und belgischen Fabriken.

Die amerikanischen und englischen Maschinen unterscheiden sich von den letztgenannten einigermassen durch die Form und Anordnung der einzelnen Theile.

Die englischen, liegenden Maschinen werden nur als 1- oder 2-Cylindermaschinen gebaut. Bei den älteren, hauptsächlich für kleine Leistungen bestimmten Maschinen dient, wie bei der ersten Otto-schen Maschine, der Schieber zur Regulirung der Einströmung und Zündung, bei späteren ist ein besonderes Einlassventil vorhanden, während der Schieber nur noch die Zündung vermittelt.

In den neuesten Maschinen und besonders denjenigen für grössere Leistungen ist auch der Schieber beseitigt und durch ein Glührohr T (Figg. 54 und 55) ersetzt. Dasselbe ist auf einem horizontalen, mit dem Cylinder durch den Kanal c im Momente der Zündung in Verbindung tretenden Rohre aufgeschraubt. Ein durch die Ventilstange L bewegtes (in Fig. 54 in seiner untersten, geöffneten Stellung gezeichnetes) Ventil E schliesst die Verbindung zwischen dem Kanal c und dem Glührohr für gewöhnlich ab.

Im Moment der Zündung geht das Ventil nach unten, worauf ein Theil der Ladung durch den Kanal c in das Glührohr einströmt und die Zündung der ganzen Ladung bewirkt. Die Erwärmung des Glührohres geschieht durch einen durch das Rohr M (Fig. 55) mit Gas gespeisten Bunsen'schen Brenner,

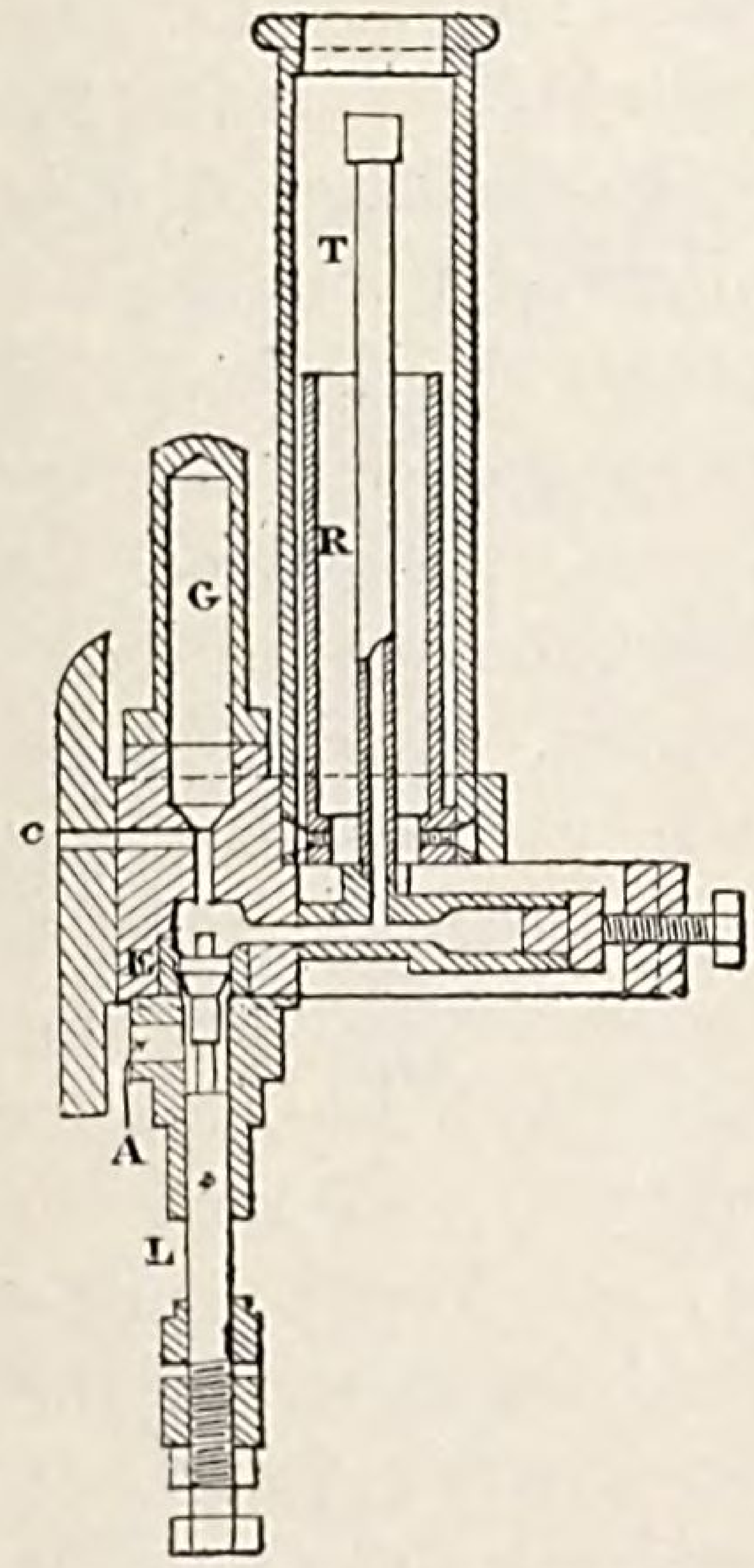


Fig. 54.

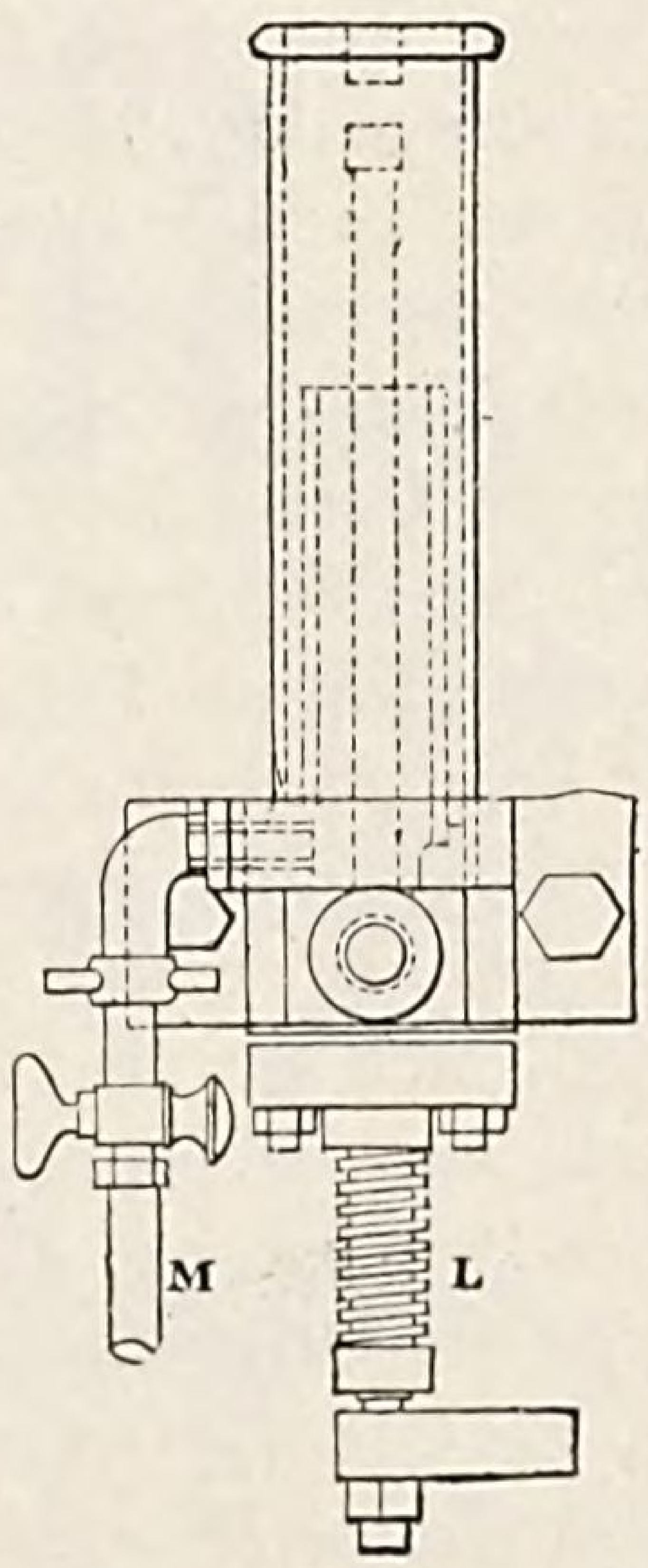


Fig. 55.

während es durch den aus Asbest gefertigten Cylinder R gegen Wärmeverluste geschützt ist. Ein kleiner über dem Ventil E befindlicher Behälter G dient zur Aufnahme der Verbrennungsprodukte. In dem Glührohre herrscht für gewöhnlich atmosphärischer Druck, da es, den Moment der Zündung ausgenommen, durch den horizontalen Kanal und die Oeffnung A im Ventilgehäuse mit der äusseren Luft in Verbindung steht und nur während der Zündung durch das in seiner untersten Stellung befindliche Ventil gegen die Aussenluft abgeschlossen wird.

Durch die getroffene Einrichtung wird die Zündung der Ladungen absolut sicher und regelmässig bewirkt.

Die grösseren ein- und zweicylindrischen Maschinen von Crossley sind mit dieser Zündung versehen.

Eine für die Papierfabrik von Spicer & Sohn in Godalrung ausgeführte Zwillingsmaschine dieser Art gab sehr zufriedenstellende Versuchsresultate. Die effektive Leistung betrug bei gewöhnlichem Leuchtgas 100 PS., bei Anwendung Dowson'schen Wassergases 80 PS. Eine eincylindrische Maschine von gleichen Abmessungen hatte bereits längere Zeit in derselben Fabrik gearbeitet und ungefähr 0,460 kg Anthracit für ein Stundenpferd gebraucht.

Bei den liegenden Maschinen von Crossley geschieht die Regulirung genau wie bei den übrigen Otto'schen Maschinen durch vollständiges Absperren des Gaszuflusses. Indessen sind hierzu zwei von der Otto'schen Konstruktion etwas abweichende Ausführungen in Gebrauch.

Bei der ersten verschiebt der Regulator eine kleine, auf dem zur Oeffnung des Gasventils dienenden Hebel sitzende Friktionsrolle, gegen welche bei normaler Geschwindigkeit der auf der Steuerwelle sitzende Nocken anschlägt, während derselbe die Rolle bei zu grosser Geschwindigkeit nicht berührt.

Bei der zweiten Ausführung besteht der Regulator aus einem mit einem Gegengewichte versehenen Pendel, welches entweder durch den Schieber oder die zum Oeffnen des Einlassventils dienende Stange hin und her bewegt wird. So lange die Geschwindigkeit der Maschine normal ist, liegt das Pendel dem Gasventil gegenüber und öffnet dasselbe. Wächst dieselbe jedoch, so bleibt das Gegengewicht in Folge seiner Trägheit zurück, giebt dem Hebel eine geneigte Lage und verhindert denselben dadurch, das Gasventil zu öffnen.

Die stehenden Maschinen von Crossley werden in zwei Arten ausgeführt. Bei der ersten ist für den Einlass und die Zündung ein Schieber vorhanden, welcher dem Schieber der liegenden Maschinen genau entspricht und durch eine stehende Zwischenwelle bewegt wird, während die neusten Maschinen, ebenso wie der Domestic-Motor, mit Ventilen und Glührohrzündungen versehen sind, und durch einen Pendelregulator regulirt werden.

In neuster Zeit wird von der Gasmotorenfabrik Deutz sowohl für Gasmaschinen als auch für Petroleummotoren eine sogenannte Membran-Steuerung[1]) angewandt, welche in den Figg. 56—60 abgebildet ist. Während bei den früher beschriebenen Steuerungen der Otto'schen Maschinen eine Steuerwelle angewandt wurde, welche halbsoviel Umdrehungen als die Schwungradwelle machte und von letzterer durch zwei Zahnräder vom Uebersetzungsverhältniss 1 : 2 angetrieben wurde, fällt diese Welle bei der Membransteuerung fort, wodurch die Konstruktion einfacher und der Gang der Maschine in Folge des Fortfalls der Zahnräder geräuschloser wird.

Wird das Auslassventil von der Schwungradwelle selbst oder von einer Zwischenwelle, welche ebensoviel Umdrehungen wie diese macht, bewegt, so wird es sowohl während der Auspuffperiode, als auch während der Kompressionsperiode geöffnet. Um letzteres zu verhindern, kann entweder die während der Saugperiode im Cylinder entstehende Verdünnung oder die während der Kompressions- oder Expansionsperiode ebendaselbst eintretende

[1]) D.-R.-P. Nr. 53906 und 71904.

Drucksteigerung zur Bewegung eines auf das Auslassventil wirkenden Mechanismusses benutzt werden.

Bei der in Fig. 56 und 57 abgebildeten Steuerung geschieht die Oeffnung des Luft- und Gaseinlassventils selbstthätig während der Saugperiode. Durch ein Rohr k steht der Raum unter dem Einlassventil mit einer Dose g in Verbindung, welche durch eine elastische Membran h gegen die äussere Luft abgeschlossen ist. An der Membran ist eine Stange i drehbar befestigt, welche am anderen Ende an einen zum Oeffnen des Auslassventils dienenden Stecher angreift. Der letztere ist an dem einen Ende eines ungleicharmigen Doppelhebels d befestigt, dessen schwingende Bewegung durch die Stange c

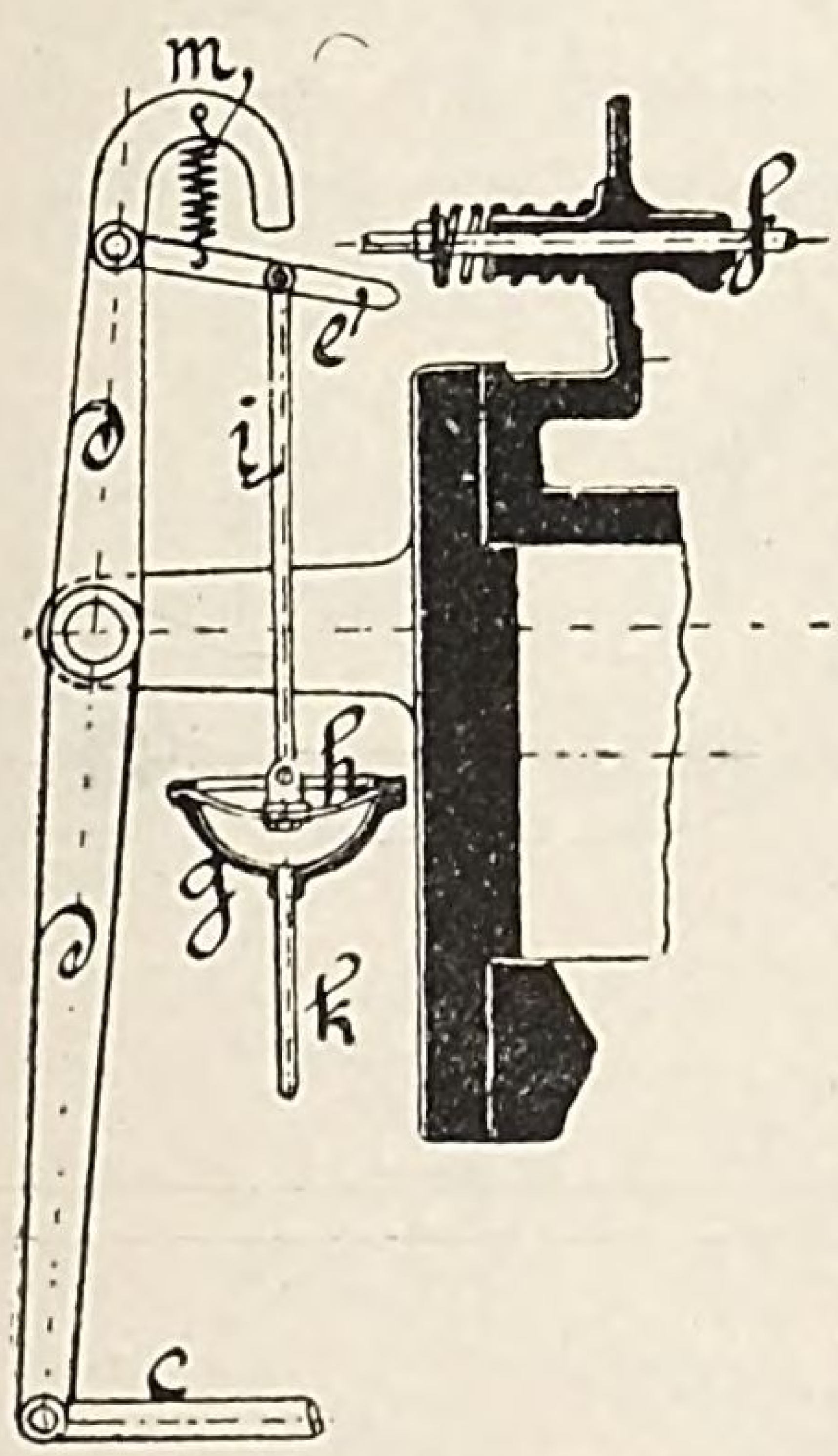


Fig. 57.

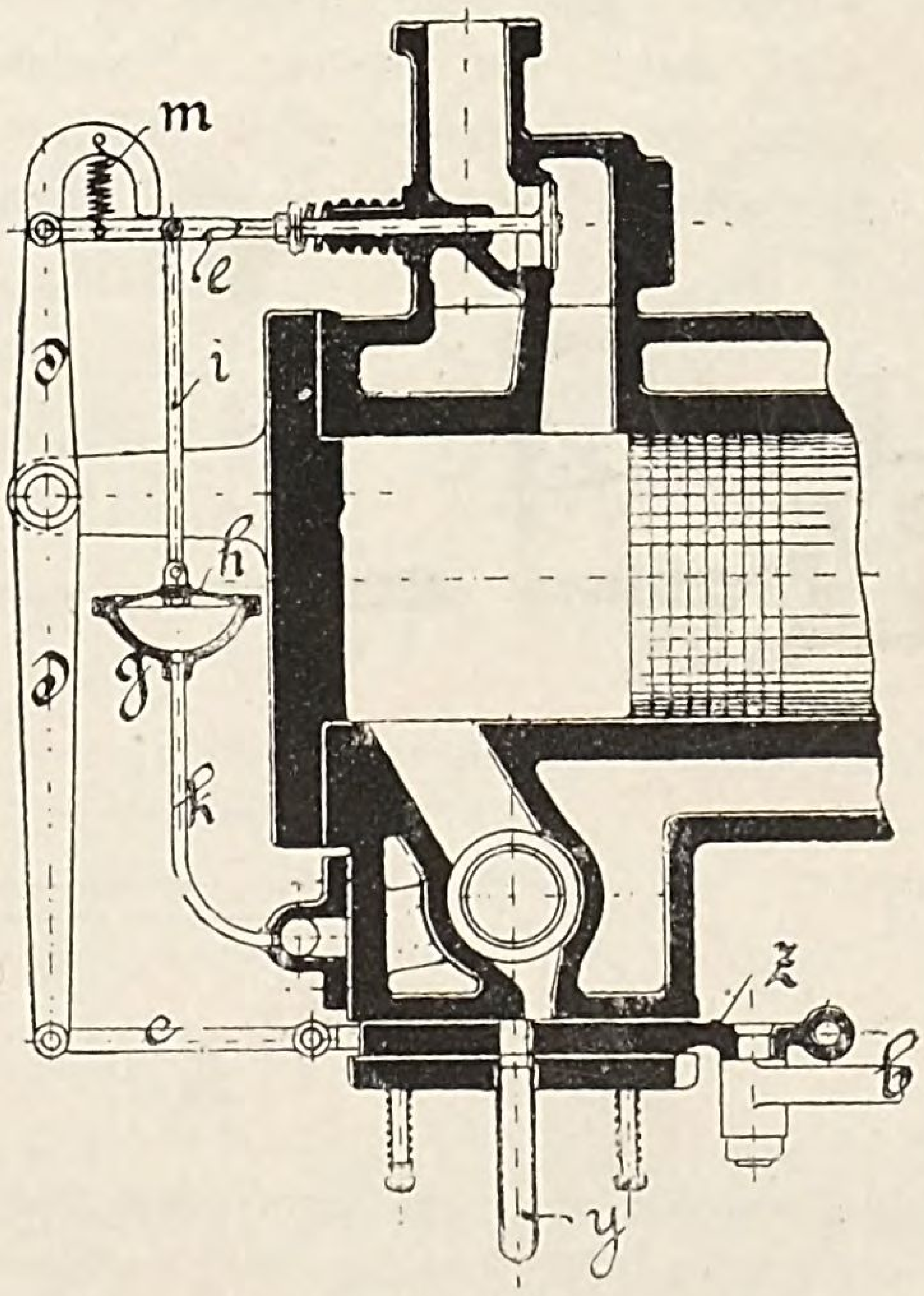


Fig. 56.

von dem, die Zündung regulirenden und von einer, auf der Schwungradwelle sitzenden kleinen Kurbel mittelst der Stange b bewegten Zündschieber z besorgt wird. Die zur Bewegung des letzteren dienende Kurbel eilt der Maschinenkurbel um 90° voraus. Saugt nun der Kolben beim Ausgang Luft und Gas an, so wird durch das Rohr k in der Dose g eine Luftverdünnung erzeugt, in Folge deren der Stecher e die in Fig. 57 gezeichnete Stellung einnimmt. Wird nun beim Rückgang des Kolbens der Schieber z nach links geschoben, so findet keine Berührung zwischen dem Stecher e und der am vorderen Ende gekerbten Ventilstange f des Auslassventils statt. Während der Kompressionsperiode jedoch und der darauf folgenden Arbeitsperiode stellt sich unter dem Einlassventil, also auch in der Dose g allmählich wieder

der äussere Luftdruck her, so dass hierdurch und durch den Zug der Feder m der Stecher e wieder in die horizontale Lage gebracht wird, und das Auslassventil beim zweiten Rückgang des Kolbens durch die Kurbel auf der Schwungradwelle bezw. den mit dem Zündschieber verbundenen Mechanismus c d geöffnet wird. Die Zündung geschieht durch das Glührohr y, welches im geeigneten Moment durch den Schieber z mit dem Cylinder in Verbindung gebracht wird.

In den Figuren 58—60 ist eine Abänderung der vorbeschriebenen Steuerung dargestellt, welche nicht nur zur Bewegung des Auslassventils, sondern auch zur Regulirung der Geschwindigkeit der Maschine dient. Genau wie bei der vorbesprochenen Steuerung strömt durch die Rohre l und m Luft bezw. Gas in den Saugraum o ein, welcher durch das selbstthätig sich öffnende Ventil O mit dem Cylinder in Verbindung steht. Das Auslassventil f wird durch den Stecher c, welcher von der Stange b des Excenters a hin- und herbewegt wird, geöffnet, sobald sich die an der Membran h aufgehangene Ventilstange e in horizontaler Lage befindet.

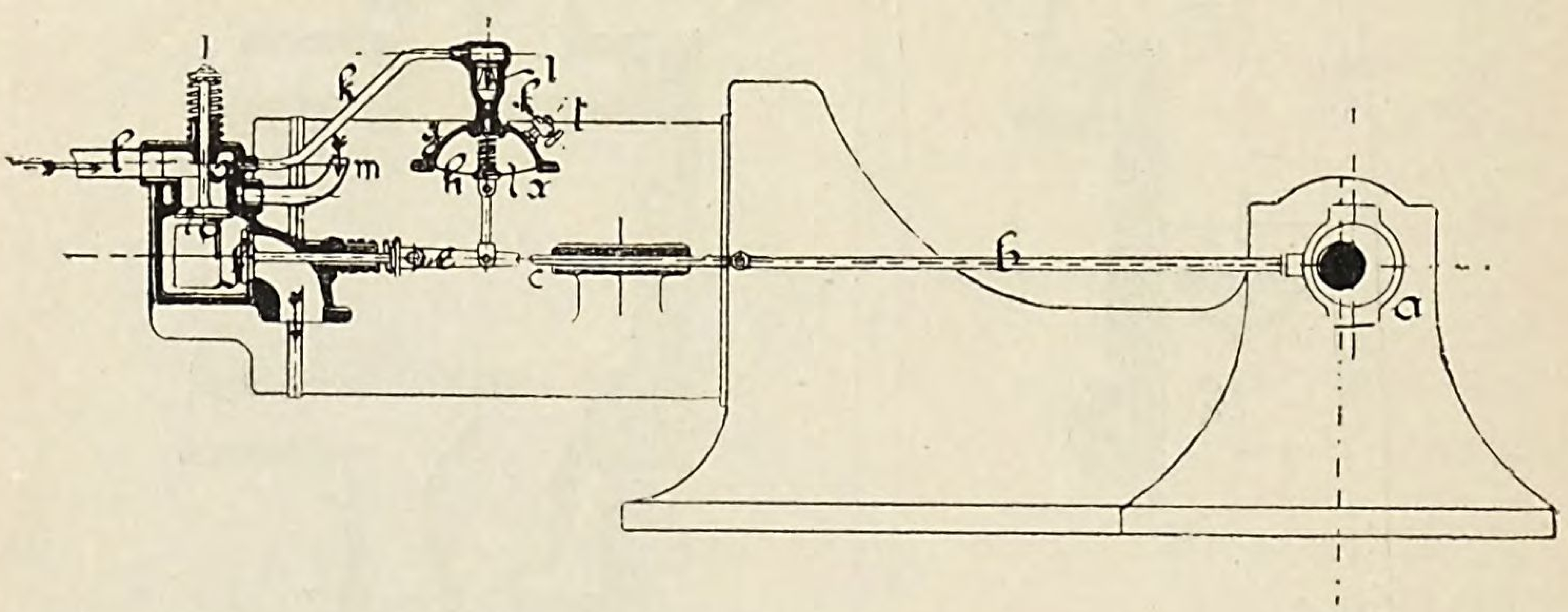


Fig. 58.

Zur Ermöglichung der Regulirung der Maschine ist in die Membranleitung k ein kleines Rückschlagventil i eingeschaltet, während auf die Dose g ein kleiner Lufthahn t aufgeschraubt ist. Die Luftverdünnung in der Dose geschieht nun genau in derselben Weise wie früher, da das kleine Rückschlagventil während der Saugperiode gehoben wird. Am Ende derselben schliesst sich das kleine Ventil i jedoch durch sein Eigengewicht, und es strömt jetzt Luft durch den Lufthahn t in die Dose g ein, wodurch unter Beihilfe der in der Dose befindlichen Feder x die Membran wieder nach unten gedrückt wird.

Die Bohrung des Lufthahns t ist nun so bemessen, dass die am vorderen Ende der Ventilstange befindliche Stange e noch vor Beginn der Auspuffperiode in ihre horizontale Lage zurückkehrt und der Stecher c beim Beginn der Auspuffperiode das Auslassventil f öffnen kann. Läuft die Maschine jedoch zu rasch, so wird der mit gesteigerter Geschwindigkeit bewegte Stecher c die Stange e, welche nach beendigter Saugperiode mit stets gleich-

bleibender Geschwindigkeit in ihre horizontale Lage zurückkehrt, beim Beginn der Auspuffperiode noch nicht in dieser Lage antreffen, das Auslassventil also auch nicht öffnen. In Folge dessen werden die Verbrennungsprodukte im Cylinder komprimirt werden, beim darauffolgenden Aushub sich aber wieder ausdehnen. Dies Spiel wird sich so lange wiederholen, bis die Stange e wieder in ihre horizontale Lage gekommen ist, worauf der Stecher c das Auslassventil öffnet, die Gase ausströmen und eine frische Ladung angesaugt wird. Durch Reguliren des Lufthahns t kann die Geschwindigkeit der Maschine nach Belieben verändert werden.

In den Figuren 59 und 60 sind noch zwei andere Ausführungsarten desselben Prinzips dargestellt, indem bei der in Fig. 59 abgebildeten Konstruktion die mit einem Hahn versehene Luftleitung t mit dem Raum über dem Rückschlagventil in Verbindung steht, in welchem nach beendigter Saugperiode gleichfalls nach kurzer Zeit der äussere Luftdruck herrscht, oder indem man die verstellbare Oeffnung dadurch herstellt, dass man das Ventil i (Fig. 60) durch einen von aussen mittelst einer Schraube verstellbaren Anschlag hindert, sich ganz auf den Sitz aufzulegen, so dass durch den schmalen Spalt zwischen dem Ventil und dem Ventilsitz die Luft aus der Membranleitung langsam in das Membrangehäuse zurückströmt.

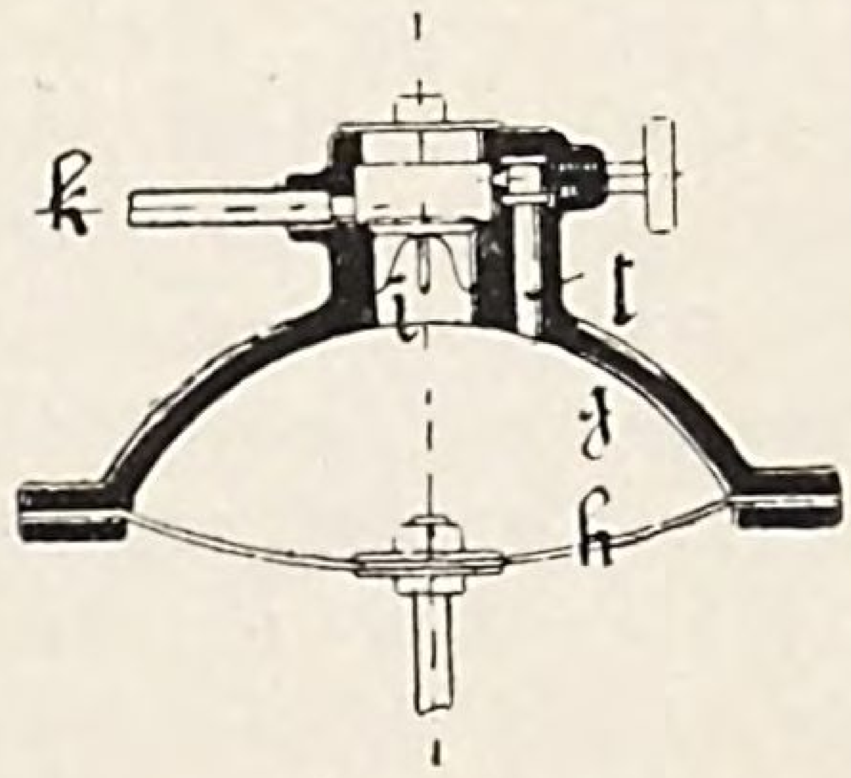


Fig. 59.

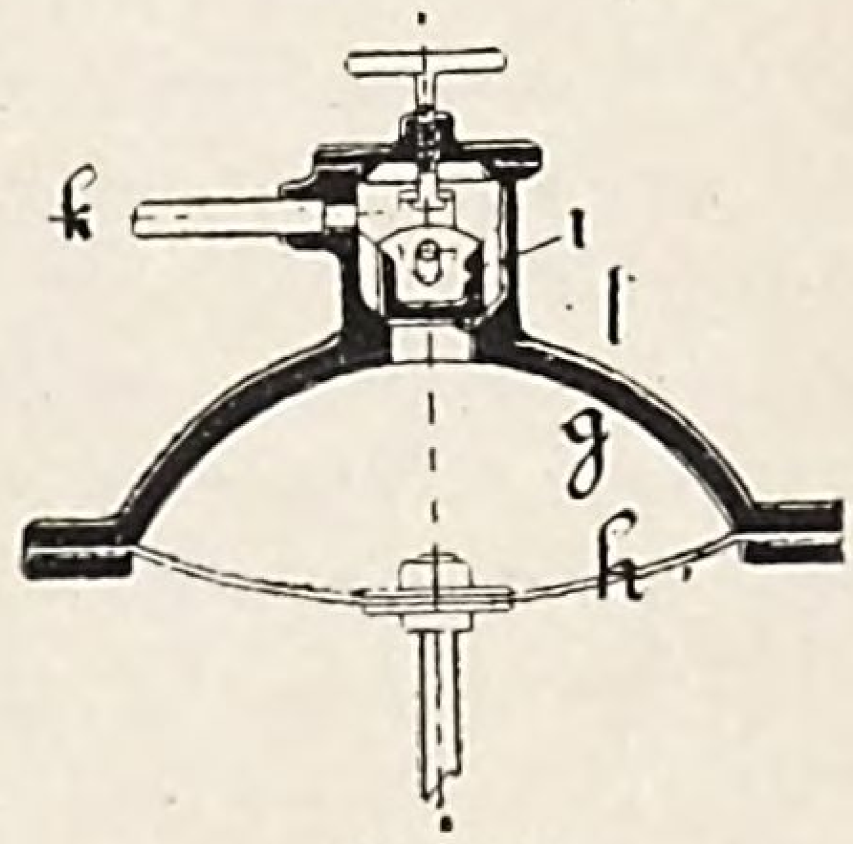


Fig. 60.

Wie leicht begreiflich, sind die Otto'schen Maschinen von Anfang an zahlreichen Versuchen unterworfen worden, von welchen die hauptsächlichsten hier Erwähnung finden sollen.

Die ersten Versuche wurden von den Professoren Brauer und Slaby im Jahre 1878 an zwei Deutzer Motoren bei normalem Betriebe ausgeführt.

Die erste der beiden Maschinen hatte eine nominelle Leistung von 2 PS. und ergab bei der Bremsung 2,08 PS., hatte 140 mm Cylinderdurchmesser und 280 mm Hub. Die mittlere Tourenzahl betrug 180 in der Minute, der mittlere Druck 4,3 kg/qcm, der Gasverbrauch, einschliesslich des Verbrauchs der Zündflamme, 1140 l für ein effekt. Stundenpferd.

Die zweite Maschine ergab 3,98 effektive PS., machte 159 Touren in der Minute, hatte 170 mm Cylinderdurchmesser und 345 mm Hub. Der mittlere Kolbendruck betrug 4,39 kg/qcm, der Gasverbrauch (einschl. Zündflamme) 1070 l für 1 effektives Stundenpferd.

In beiden Fällen war das Verhältniss der gebremsten zur indizirten Leistung oder der maschinelle Wirkungsgrad kleiner als 0,65. Demnach lag

der Gasverbrauch der Otto'schen Maschinen von Anfang an zwischen 1000 und 1150 l für 1 effekt. Stundenpferd, einschliesslich der Zündflamme.

Im Jahre 1881 wurden gleichfalls mehrfache Versuche mit Otto'schen Gasmaschinen angestellt.

Die Professoren Frese und Schöttler untersuchten in Hannover einen Otto'schen Motor, dessen Bremsleistung ungefähr 4 PS. betrug, wobei die Tourenzahl im Mittel 164 in der Minute, die Anzahl der Versager vier in derselben Zeit war.

Der Verbrauch an Kühlwasser, welches mit ca. 70° C. abging, betrug ungefähr 43 l für 1 effekt. Stundenpferd, der Gasverbrauch im Mittel 995 l für dieselbe Leistung[1]).

Die vorstehenden Resultate beziehen sich auf normalen Betrieb.

Bei einer Verkleinerung der Leistung, welche von den Versuchsleitern bis auf 0,34 PS. herabgedrückt wurde, wobei die Tourenzahl 158 in der Minute, die Anzahl der Versager in der gleichen Zeit 49 betrug, ergab sich ein Gasverbrauch von 5333 l für 1 effekt. Stundenpferd. Derselbe lehrte in schlagender Weise den wichtigen Einfluss der Cylinderwandungen, da während dieses Versuches die Wasserkühlung gänzlich unterblieben war.

Bei einem Versuche, welcher von den Professoren Brauer und Schöttler an einem Otto'schen Motor auf der Ausstellung zu Altona vorgenommen wurde, ergab sich eine mittlere Bremsleistung von 3,96 PS., und ein mittlerer Gasverbrauch von 912 l für 1 effekt. Stundenpferd.

In demselben Jahre wurden auf der Pariser Elektricitäts-Ausstellung durch Allard, Leblanc, Joubert, Pottier & Tresca mehrfach Versuche an Otto'schen Gasmotoren der französischen Gesellschaft angestellt.

Der erste derselben betraf eine eincylindrische liegende Maschine von 170 mm Cylinderdurchmesser und 340 mm Hub, und ergab 3,94 Bremspferdestärken bei 155 Touren in der Minute und einen Gasverbrauch von 897 l für 1 effekt. Stundenpferd.

Die zweite untersuchte Maschine war eine liegende Zwillingsmaschine von gleichen Cylinderabmessungen wie die vorhergende. Die Bremsleistung derselben betrug 8,34 PS. bei 161 Touren in der Minute und einem Gasverbrauche von 915 l für 1 effekt. Stundenpferd.

Ungefähr 25% der entwickelten Wärme gingen hierbei in das Kühlwasser über.

Der Otto'sche Motor war demnach in den Jahren von 1878 bis 1881 so weit verbessert worden, dass der Gasverbrauch, einschliesslich der Zündflamme, sich auf 900—1000 l für 1 effekt. Stundenpferd vermindert hatte.

Von hohem Interesse waren ferner die Versuche, welche im Jahre 1884 von Brooks & Steward am Stevens'schen technologischen Institute in Hoboken (Nord-Amerika) ausgeführt wurden.

Der untersuchte Motor hatte eine nominelle Leistung von 7 PS. und

1) Wo in der Folge keine besonderen Angaben gemacht sind, ist stets der Gasverbrauch ausschliesslich des zur Zündung erforderlichen Gases gemeint, welches ca. 10 l für 1 St.-PS. ausmacht.

war von der Firma Schleicher, Schumm & Co. in Philadelphia gebaut. Der Cylinderdurchmesser betrug 216 mm, der Kolbenhub 356 mm. Der Inhalt des Verdichtungsraumes war etwas mehr als 1/3 des Cylinderinhaltes. Der Gasverbrauch betrug ungefähr 1000 l für 1 effekt. Stundenpferd, wobei das Mischungsverhältniss des Gases zur Luft ungefähr 1 : 7 war[1]).

Die Bremsleistung betrug etwas mehr als 7 1/3 PS., die Tourenzahl 154 in der Minute, die Kühlwassermenge ca. 60 l für 1 effekt. Stundenpferd, wobei die Austrittstemperatur des Wassers gleich 22° C. war. Die geringe Erwärmung desselben erklärt den grossen Kühlwasserverbrauch.

Die Verbrennungsgase gingen mit ungefähr 420° C. ab, der mittlere nutzbare Kolbendruck betrug 3,800 kg. Die entwickelte Wärme vertheilte sich folgendermassen. Es entfielen auf die:

indizirte Leistung	17 %	der Gesammt-Wärme,
durch die Abgase verlorene Wärme	15,5 %	„ „
im Kühlwasser verlorene Wärme	52 %	„ „
durch Strahlung und Leitung verlorene Wärme	15,5 %	„ „

Fig. 61 zeigt ein bei diesen Versuchen bei normalem Gange abgenommenes Diagramm. Darnach beträgt der Enddruck nach vollendeter Einströmung ca. 0,85 Atm. absolut, nach beendigter Kompression 3 Atm. abs., nach erfolgter Explosion 10 Atm., und beginnt die Vorausströmung bei e.

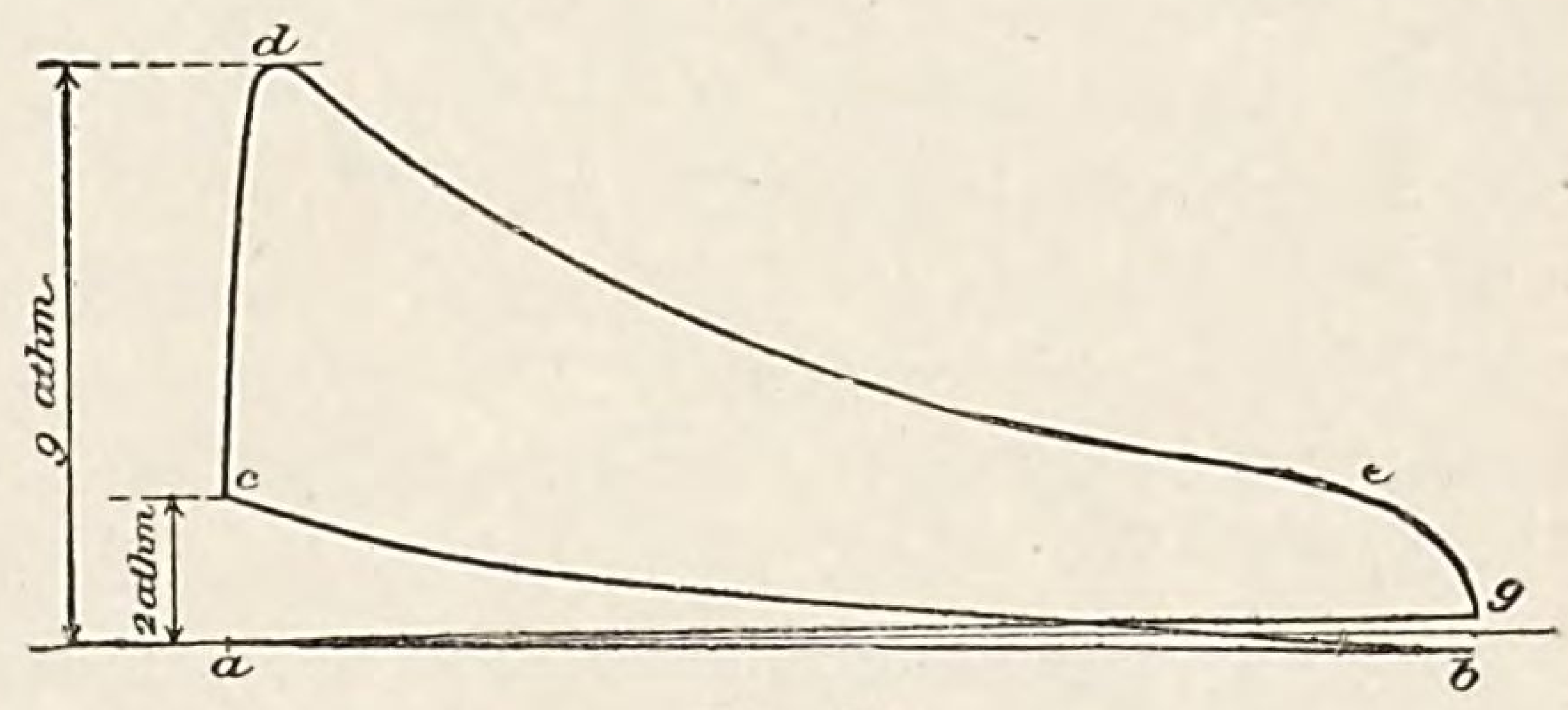


Fig. 61.

Im Jahre 1888 betheiligte sich die Firma Crossley mit einem Otto-schen Motor von 15 nominellen PS. mit Ventilsteuerung und Glührohrzündung an einer von der englischen Society of Arts in London veranstalteten Konkurrenz, und erzielte die Maschine dabei folgende Resultate:

Tourenzahl	160 in der Minute,
Anfangsdruck	14,889 kg/qcm,
mittlerer Druck	5,088 „
maschineller Wirkungsgrad	0,86,
mittlerer Gasverbrauch	668,360 l für 1 effekt. St.-Pf.,
Zündflamme	6,440 „ „ „ „ „
Gesammt-Gasverbrauch	674,80 „ „ „ „ „
in Arbeit verwandelte Wärme	22,1 %,
durch das Kühlwasser verlorene Wärme	43,2 %,
durch die Abgase verlorene Wärme . .	35,5 %.

1) Da ein Theil der Verbrennungsprodukte (ca. 1/3 des Cylindervolums) sich mit der neuen Ladung mischt, so beträgt das wirkliche Mischungsverhältniss 1 Volumen Gas auf 11 Volumen Luft und Verbrennungsgase.

An der Konkurrenz betheiligten sich ausserdem noch zwei andere Motoren.

Unter diesen Maschinen nahm die Otto-Crossley'sche hinsichtlich der in Arbeit umgesetzten Wärme dank dem Einfluss der Kühlung und vortrefflichen Schmierung den ersten Platz, hinsichtlich des Gasverbrauches den zweiten, hinsichtlich der Gleichförmigkeit des Ganges jedoch erst den dritten Platz ein.

Die vorstehend mitgetheilten Versuche zeigen, dass der Otto'sche Motor anfänglich beträchtlich weniger Gas als alle gleichzeitig bekannten Motore verbrauchte, abgesehen von den atmosphärischen Maschinen, welchen er indessen in vielen anderen, eben so wichtigen Beziehungen weit überlegen war. Hierauf wurde der Gasverbrauch etwas verringert, indessen ist derselbe seit dem Jahre 1881 nahezu derselbe geblieben. Man kann sagen, dass die Ottoschen Schiebermaschinen ca. 900—1000 l Gas für 1 effekt. Stundenpferd, einschliesslich der Zündung, verbrauchen. Wenigstens sind dies die Zahlen, welche die französische Gesellschaft angiebt. Indessen beziehen sich dieselben, wie gesagt, nur auf die Schiebermaschinen, da die Maschinen mit Ventilen und Glührohrzündung, wie diejenigen von Crossley (Versuch 1888) und die neueren Deutzer Motoren einen um mindestens 200 l geringeren Gasverbrauch ergeben. Dieser Unterschied ist sehr gross, indessen ist hierbei zu beachten, dass die in London untersuchte Crossley'sche Maschine eine bedeutend höhere Leistung als alle anderen Maschinen, deren Versuche veröffentlicht wurden, hatte. Ausserdem handelte es sich in London um eine Konkurrenz, auf der es galt, den Ruf der Crossley'schen Maschinen in England zu befestigen, und dürfte daher die ausgestellte Maschine mit ganz besonderer Sorgfalt ausgeführt gewesen sein, wovon auch der hohe maschinelle Wirkungsgrad Zeugniss ablegt. Indessen genügen alle diese Betrachtungen nicht, um eine Abnahme des Gasverbrauches um mindestens 200 l für 1 Stundenpferd zu erklären, vielmehr spielen hierbei die beiden folgenden, zuerst von Crossley am Otto'schen Motor angebrachten und hierauf auch von der Deutzer Firma angewandten Verbesserungen die Hauptrolle, und zwar vorwiegend die erstere, nämlich:

1. die Erhöhung der Kompression,
2. das Fortlassen des Schiebers und das Ersetzen desselben durch Ventile und Glührohrzündung.

Der Fortfall des Schiebers in den Crossley'schen Maschinen ist von hoher Bedeutung und zeigt, dass die gegen denselben erhobenen Einwände grossentheils berechtigt sind.

Wenn nun auch der Otto'sche Motor im Laufe der Zeit durch andere Maschinen hinsichtlich der Betriebskosten, der Gleichmässigkeit des Ganges und der Einfachheit übertroffen worden ist, so ist dies doch hinsichtlich seiner originellen und geistreichen Konstruktion noch nicht der Fall. Unbestritten wird ihm das Verdienst bleiben, allen anderen Motoren den Weg gebahnt zu

haben, und noch heute gehört er, dank seiner sorgfältigen Ausführung, zu den besten der gegenwärtig existirenden Maschinen.

Die Ergebnisse einiger neueren, mit eincylindrischen Otto'schen Motoren der Deutzer Gasmotorenfabrik angestellten Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Versuchsdatum	23/12 1891	13/4 1892	30/12 1891	14/1 1892	12/4 1892	5/4 1892	5/4 1892	6/4 1892	3/8 1892
Länge des ausbalancirten Bremshebels in mm	669	669	669	1077	1074,5	1074,5	1443	1432	1443
Bremsgewicht in kg	12,5	12,8	26	20	26,7	37,2	39,3	71	81
Umdrehungen i. d. Min. (aus der Gesammtumdrehungszahl berechnet)	230,3	211,5	210,5	199,4	180,2	180,8	180	160,6	160,3
Nomin. PS.-Zahl des Motors	2	2	4	5	6	8	12	16	20
Bremsleistung, PS.	2,68	2,53	5,11	6,00	7,22	10,09	14,24	22,8	25,95
Gasverbrauch für 1 Bremspferdekraft in 1 stündl. einschliesslich Zündflamme, auf 760 mm Barometerstand und 0° C. bezogen	764	730	726	718	718	672	670	625 o.Z.-Fl.	610 o.Z.Fl.
Gasverbrauch für die Zündflamme in 1 stündl.	—	—	—	—	—	—	—	63	63
Gesammtgasverbrauch des Motors im Leergang stündl.	563	436	784	912	1096	1543	2307	3922	4270
Versuchsleiter	Ing. Köhler Köln	dto.	dto.	dto.	dto.	Prof. Teichmann Stuttg.	Prof. Teichmann Stuttg.	Prof. Teichmann, Köhler	

Maschine von Lenoir. Trotz der bemerkenswerthen Verbesserungen, welche Lenoir im Laufe der Zeit an seinen ersten Maschinen angebracht hatte, gelang es ihm nicht, befriedigende Resultate mit derselben zu erzielen. Da der Grund hierfür in dem von ihm ausgeführten Kreisprozess zu suchen war, so zögerte er nicht, denselben durch den von Beau de Rochas vorgeschlagenen Prozess zu ersetzen, nachdem Otto dessen hohen Werth klargelegt hatte, und liess sich in Folge dessen im Jahre 1880 eine Kompressions-Gasmaschine patentiren, welche jedoch erst im Jahre 1883 weitere Verbreitung fand. Obgleich ebenfalls mit einem Flachschieber für die Einströmung und Zündung versehen, unterschied sich diese Maschine in verschiedener Beziehung von der Otto'schen. So befand sich vor allem der Schieber nicht am hinteren Ende, sondern an der Seite des Cylinders.

Um den Gasverbrauch zu vermindern, wandte er gasarme Mischungen an, welche jedoch, um zündbar zu werden, in einer besonderen, nicht gekühlten und daher stark erwärmten Explosions- bezw. Kompressionskammer stark komprimirt werden mussten. Um jedoch ein Glühendwerden dieser Kammer zu vermeiden, kühlte er sie durch Anwendung von angegossenen Rippen

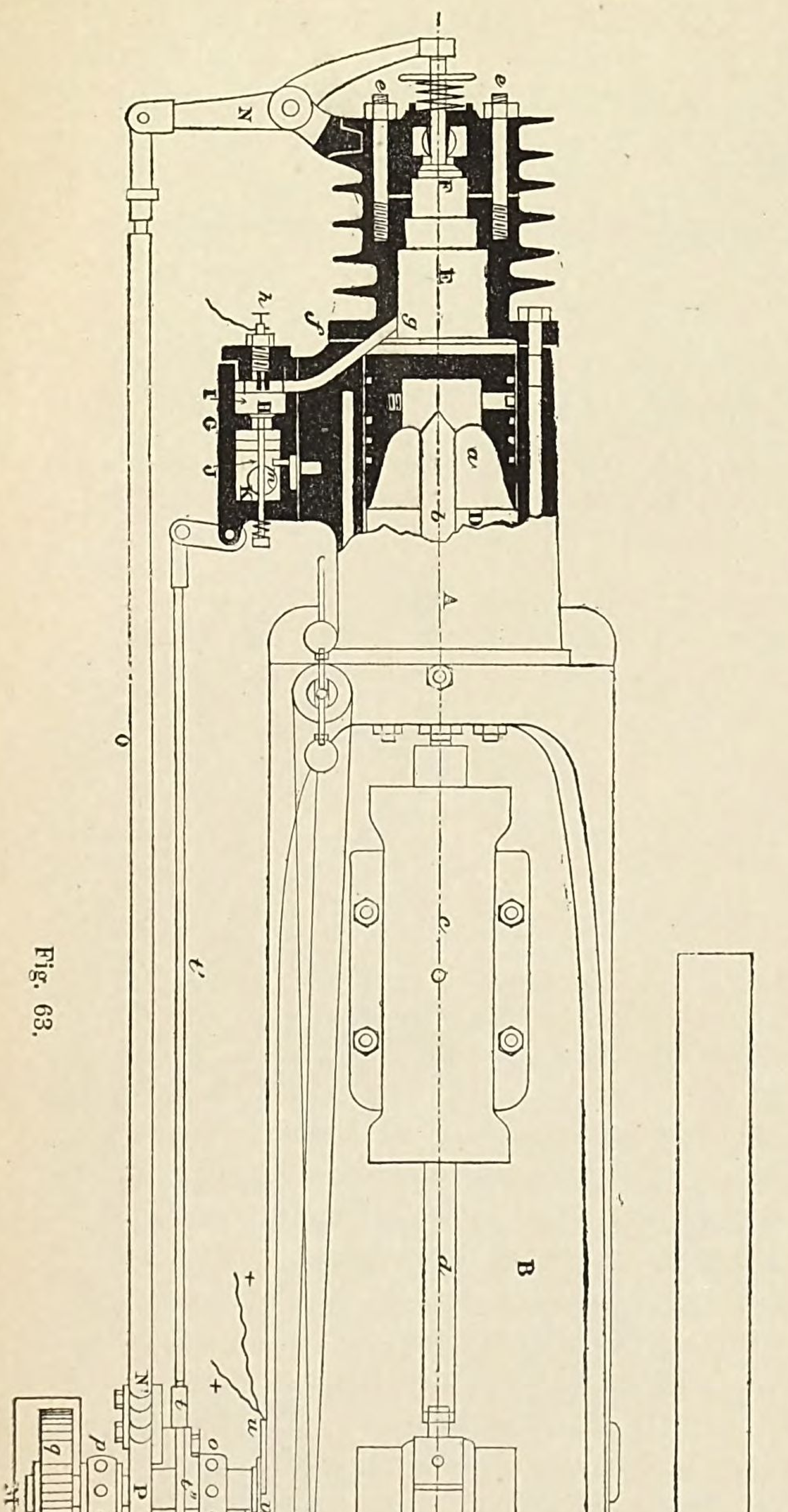


Fig. 63.

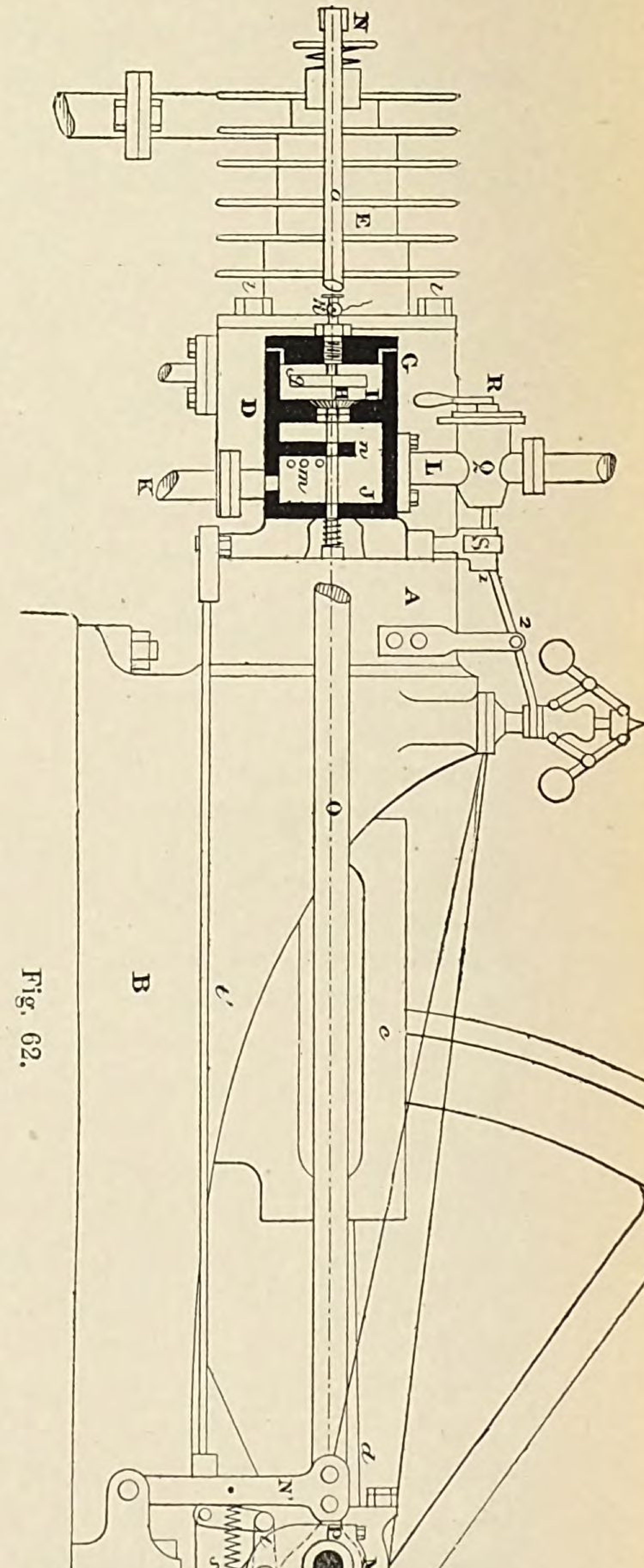


Fig. 62.

einigermassen ab (1884), während der übrige Cylinder durch Wassercirkulation gekühlt wurde. Später ersetzte er den Schieber durch ein widerstandsfähigeres Ventil und übernahm von seiner ersten Maschine wieder die elektrische Zündung, welche für so hohe Drücke gut geeignet war, wobei er Sorge trug, die Zündungsvorrichtung vor jeder Beschädigung zu schützen. Der so veränderte Motor wurde 1885 zuerst bekannt und ist seitdem unverändert geblieben.

Aus dem Vorhergesagten geht bereits hervor, dass der Lenoir'sche Motor sich wesentlich von dem Otto'schen unterscheidet. Mit demselben gemeinsam hat er den am Gestell B (Fig. 62 und 63) freitragend befestigten Cylinder A. Auch die Kraftübertragung vom Kolben a durch die Kolbenstange b, den Kreuzkopf c und die Pleuelstange d auf die mit Schwungrad und Antriebscheibe versehene gekröpfte Welle C ist dieselbe. Wie bereits erwähnt, besteht jedoch der Cylinder aus zwei besonderen Theilen, dem ersten, mit Wasser gekühlten Theile D, in welchem der Kolben hin- und her geht, und dem zweiten Theile E, der Kompressions- und Explosionskammer, deren Wandungen stark erwärmt sind. Letzteres schadet nichts, da der Kolben nicht in diesen Raum hineinragt und das einzige mit ihm in Berührung kommende Organ das Auslassventil F ist, welches sich am hinteren Cylinderende befindet. Die Theile D und E sind durch Schrauben miteinander fest verbunden, und wird eine Wärmeleitung von der hinteren nach der vorderen Cylinderhälfte durch eine zwischen beide befestigte Asbestscheibe verhindert.

Am Cylinder D ist das Einströmungsventilgehäuse G befestigt, in welchem sich auch der Zünder befindet. Dasselbe zerfällt in zwei Abtheilungen, I und J, welche durch ein horizontales Ventil H miteinander in Verbindung gesetzt werden können. Die vordere Abtheilung I steht durch den Kanal g mit dem Cylinder in Verbindung und enthält den in den Deckel des Gehäuses eingeschraubten Zünder h. In der zweiten Abtheilung J findet die Mischung von Gas und Luft statt.

Während der Saugperiode öffnet sich das Ventil H. Die aus dem Fundament angesaugte Luft tritt durch das Rohr K in die Kammer J ein, während das durch das Rohr L zugeführte Gas durch mehrere kleine Oeffnungen m einströmt, worauf das Gemisch über die Querwand n in die eigentliche Ventilkammer und von hier in die Zündkammer I und den Cylinder E strömt.

Im Momente der Zündung springt der Funke zwischen den beiden Spitzen der Zündschraube h über und entzündet die in der Kammer I und dem Cylinder E enthaltene, stark komprimirte und erwärmte Ladung. Eine kleine Zwischenwelle M, welche in den Lagern o und p gelagert ist und durch die Stirnräder r und q in halb so viel Umdrehungen wie die Kurbelwelle versetzt wird, dient zur Regulirung der Einströmung, Ausströmung und Zündung. Das Ausströmungsventil wird durch den Doppelhebel N, die

Stange O, den schwingenden Hebel N′ und den Nocken P bewegt, während die Feder s die Rückbewegung der Steuerungshebel bewirkt.

Zur Regulirung der Gaseinströmung dient der mit Theilscheibe versehene Gashahn R und das vom Regulator beeinflusste Gasventil Q. Das letztere wird durch einen von der Zwischenwelle aus vermittelst des Nockens t″ und der Stangen und Hebel t und t′ gedrehten Hebel S geöffnet.

Eine Feder sichert das Anliegen des Hebels t an den Nocken t″. Die Regulirung erfolgt durch vollständigen Abschluss der Gaseinströmung.

Der Hebel S schwingt um den Punkt 1, welcher durch die mit dem Regulator verbundene Stange 2 auf und nieder bewegt wird. Wächst die Geschwindigkeit, so drückt die durch den Regulator gehobene Stange 2 den Punkt 1 und das Ende des Hebels S nieder, sodass derselbe das Gasventil nicht mehr berührt.

Zur Zündung dient ein elektrischer Schliessungsfunke, welcher in einer mit einem Chromelement verbundenen Spirale gebildet wird. Zum Ueberspringen des Funkens im Momente der Zündung dient eine, mit dem einen Pol verbundene, isolirte Feder u (Fig. 63) und ein Daumen v, welcher mit dem anderen Pole in Verbindung steht. Dreht sich derselbe auf der Welle M und berührt die Feder u, so springt zwischen den Polen der Zündschraube h der Funke über.

Die Schmierung bietet nichts Erwähnenswerthes.

Für Leistungen über 8 PS. werden die Maschinen als Zwillingsmaschinen mit zwei nebeneinanderliegenden Cylindern gebaut, bei welchen somit bei jeder Umdrehung eine Zündung erfolgt, wodurch ein bedeutend gleichmässigerer Gang erzielt wird.

Beide Cylinder sind wieder freitragend an einem gemeinsamen Gestell befestigt und arbeiten auf eine doppeltgekröpfte, mit zwei Schwungrädern und einer oder zwei Antriebscheiben versehene Welle.

Zum Antriebe der Steuerungsorgane dient eine einzige zwischen den Cylindern liegende Welle, welche mittelst zweier Kegelräder von der Kurbelwelle angetrieben wird und halb so viel Umdrehungen wie die letztere macht.

Beide Cylinder haben nur ein einziges Einströmungsventilgehäuse, welches in drei Abtheilungen zerfällt. Zwei derselben sind die eigentlichen Einlassventilkammern, welche mit den Cylindern in Verbindung stehen und je einen Zünder enthalten. In der Mitte zwischen diesen beiden Kammern befindet sich eine dritte, gemeinsame Kammer, in welche die Luft- und Gasleitung mündet. Dieselbe steht durch zwei, diesmal vertikale Ventile mit den beiden erstgenannten Kammern in Verbindung. Wie bei den kleineren Motoren erfolgt die Regulirung durch ein Gasventil, welches in derselben Weise wie früher vom Regulator beeinflusst wird. Die Auslassventile sind seitlich am Cylinder am Ende der Kompressionskammer angebracht und werden durch Nocken geöffnet, welche auf einer, noch zwei andere, kleinere, schmälere und den ersteren genau gegenüberliegende Nocken tragenden Muffe befestigt sind. Diese Muffe sitzt am Ende der Steuerwelle und kann mittelst einer Schraube von Hand verstellt werden.

Hierdurch kann der Kompressionsgrad verringert und das Anlassen der Maschine erleichtert werden.

Zur Zündung dient wieder ein auf der Steuerwelle befindlicher Nocken, welcher mit dem negativen Pole, und zwei isolirte Federn, welche mit den positiven Polen der Zünder verbunden sind.

Die Kühlung der Kompressionskammer erfolgt, wie bei den kleineren Maschinen, durch Rippen, diejenige des eigentlichen Arbeitscylinders durch Wassercirkulation.

Die vorbeschriebenen Maschinen werden von der Pariser Gasbeleuchtungsgesellschaft, der Lizenzinhaberin für die französischen Departements der Seine und Seine-et-Oise ausgeführt, während die Firma Rouart frères & Co. in Paris das Ausführungsrecht für das ganze übrige Frankreich besitzt.

Die Eincylindermaschinen der letzteren Firma unterscheiden sich von den vorbesprochenen nur dadurch, dass das Einlassventil in dem Ventilgehäuse nicht horizontal, sondern vertikal angeordnet ist, welche Konstruktion später bei Gelegenheit der Beschreibung der mit karburirter Luft betriebenen Lenoir'schen Maschine behandelt werden wird.

Bei den Zweicylindermaschinen ist der Unterschied schon wesentlicher. Die Rouart'schen Maschinen sind im Prinzip zwei eincylindrische Maschinen, bei welchen jedoch die Einströmventile getrennt an jeder Seite der Maschine liegen. Ausserdem ist die Steuerwelle unterhalb der Kurbelwelle angebracht und im gemeinschaftlichen Rahmen gelagert. Sie trägt am einen Ende das Stirnrad, einen Nocken zum Oeffnen des einen Auslassventils, einen zweiten zur Bewegung der Regulirvorrichtung für das gemeinschaftliche, vom Regulator beeinflusste Gasventil, von welchem eine Leitung nach jedem Cylinder abzweigt, ferner am anderen Ende einen Nocken, welcher an zwei isolirten Federn vorbeistreicht und die Zündungen verursacht, sowie einen zweiten Nocken zum Oeffnen des zweiten Auslassventils. Die Auslassventile befinden sich nicht am hinteren Cylinderende, sondern am hinteren Ende zweier, unterhalb der Kompressionskammer befindlicher besonderer Kammern, welche wie die ersteren mit äusseren Kühl-Rippen versehen sind. Das Anlassen ist durch Hähne erleichtert, welche auf den Kompressionskammern sitzen.

Die eincylindrischen Maschinen beider Firmen halten sich in ihrer Ausführung und Leistung das Gleichgewicht, während die zweicylindrischen Maschinen von Rouart weniger elegant und schwerfälliger als diejenigen der Pariser Gasgesellschaft sind.

Im Jahre 1885 untersuchte Tresca einen Lenoir'schen Motor der beschriebenen Art. Die dreimal wiederholten Versuche ergaben folgende mittleren Werthe:

Minutliche Tourenzahl	180,00
Effektive Leistung in PS.	1,90,
Gasverbrauch für 1 eff. Stundenpferd ohne die Zündung	700 l,
do. „ „ „ „ mit der „ (ungefähr)	715 l,
Maschineller Wirkungsgrad	0,748.

Der Cylinder hatte 140 mm Durchmesser, 280 mm Hub. Die Abkühlung des ganzen Cylinders erfolgte durch Kühlrippen. Fig. 64 stellt ein während dieser Versuche abgenommenes Diagramm dar. Dasselbe zeigt eine sehr hohe Kompression auf über 4 kg/qcm und einen Explosionsenddruck, welcher zwischen 12 und 13 kg/qcm schwankte.

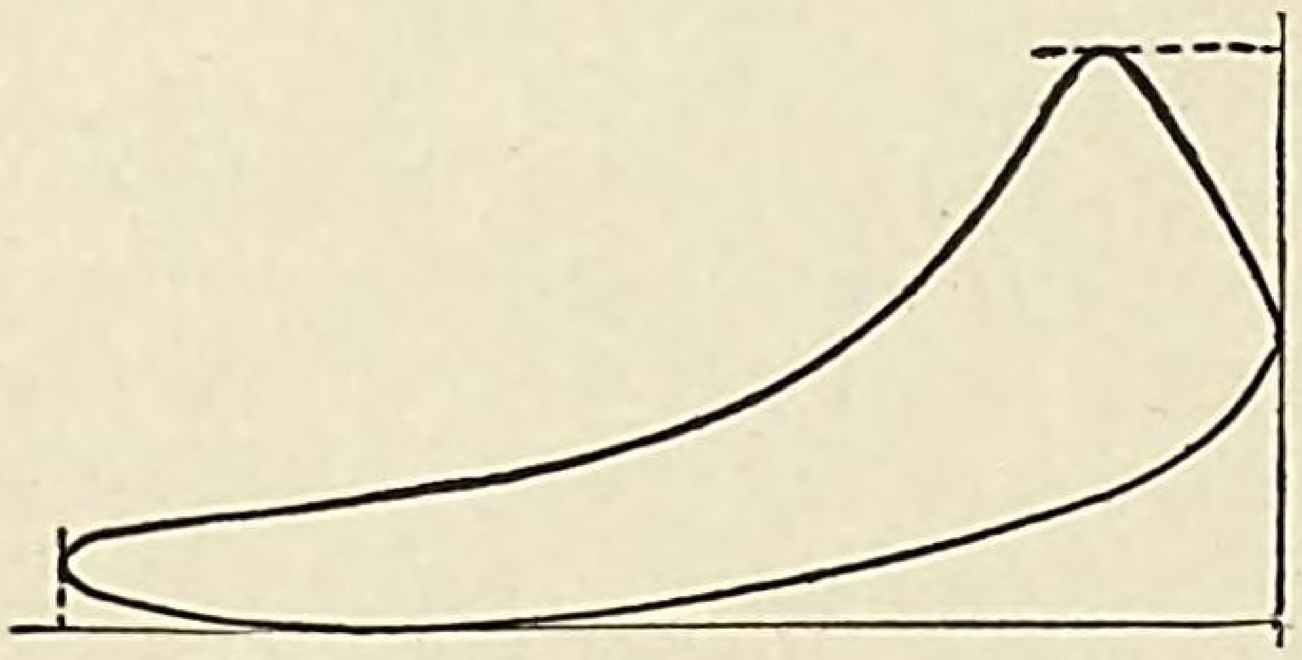


Fig. 64.

Die letzteren Drücke zeigen, dass die Ladungen gasarm gewesen sind, was ja auch durch den beobachteten Gasverbrauch bestätigt wird. Die Zündung lässt sich mit so gasarmen Mischungen auch nur durch starke Kompression und hohe Vorwärmung der Ladung erreichen. Die Explosion findet übrigens sehr momentan statt, was sich auch schon durch die Stösse bemerkbar macht, welche die Maschine bei jeder Explosion erleidet.

Einer neueren Abhandlung des Verfassers[1]) über das Gas als Betriebskraft sind die nachstehenden neueren Versuchsergebnisse mit Lenoir'schen Gasmaschinen entnommen.

PS.	Anzahl der Cylinder	Anzahl der ausgeführten Maschinen	Stündl. Gasverbrauch bei 15° C. und 760 mm in l			Versuchsdatum
			Leerlauf	Gesammtverbrauch	bezogen auf 1 eff. PS.	
2	1	142	610	1460	730	18. 8. 91
2	„	146	620	1520	760	19. 9. 91
4	„	76	882	2760	690	1. 9. 87
4	„	155	1500	2900	725	6. 7. 91
6	„	96	1320	4260	710	15. 1. 90
6	„	97	1360	4380	730	17. 1. 90
8	4	92	1560	5640	705	5. 2. 89
8	1	93	1580	5750	718	27. 4. 89
8	2	36	2460	5625	703	14. 10. 87
12	1	111	2938	8740	706	22. 3. 89
12	„	112	3050	10434	717	9. 4. 89
16	„ o. G.[2])	136	3490	10434	652	21. 6. 90
16	„ m. G.[3])	118	2850	10430	652	2. 5. 89
24	„	125	4320	15300	638	8. 8. 89
24	„	126	5500	15350	649	23. 8. 89

[1]) Comptes rendues des Congrès de la Société téchnique de l'Industrie du gaz en France, 1892, Paris, P. Mouillot, p. 26.

[2]) Ohne Gradführung.

[3]) Mit Gradführung.

Bei einem von Hirsch im Jahre 1890 ausgeführten Versuch an einer Lenoir'schen Zwillingsmaschine von 16 PS. ergaben sich folgende Zahlen: [1])

Effektive Leistung in PS	16,13
Tourenzahl in der Minute	160,0
Mittlerer Gesammt-Gasverbrauch (ohne die Zündung) in l	9698
Gasverbrauch für 1 eff. St.-PS. in l	601,2

Die Lenoir'sche Maschine ist einfach, leicht zu bedienen, hat einen ziemlich geräuschlosen, jedoch ziemlich ungleichmässigen Gang, wie überhaupt alle Maschinen der Gruppe A.

Die folgende Tabelle enthält die Abmessungen der Ausführungen der Firma Rouart frères & Co.

Liegende Maschinen mit 1 und 2 Cylindern:

Leistung in effekt. PS.		Eincylinder-Maschinen					Zwillings-Maschinen			
		1⅓ 100 mkg	2	4	6	8	8	12	16	24
Abmessungen in m	Länge	1,85	2,50	2,87	3,10	3,10	2,80	3,02	3,10	„
	Breite	0,80	0,94	1,07	1,23	1,23	1,40	1,45	„	„
	Höhe	1,60	1,65	1,70	1,90	1,90	1,65	1,76	„	„
Durchmesser des Schwungrades in m		1,40	1,50	1,65	1,80	1,80	1,50	1,50	1,80	„
Tourenzahl in der Minute . . .		220	180	160	„	„	„	„	„	„
Abgerundetes Gewicht einschliessl. des Sockels		1000	1200	2000	2800	3000	3000	3500	4000	„

Anmerkung. Alle Maschinen sind mit Wasserkühlung versehen, ausgenommen diejenige von 2 PS., welche mit Rippenkühlung versehen werden kann.

Die Preise und Abmessungen der Maschinen der Pariser Gasgesellschaft unterscheiden sich von den vorstehenden nur durch geringe Unterschiede in den Preisen der Fundamentplatten.

Simplex-Motor (System Delamare-Deboutteville und Malandin). Diese Maschine wurde im Jahre 1884 erfunden, jedoch erst 1885 in die Praxis eingeführt. Sie ist in jeder Beziehung sorgfältig und sinnreich durchgearbeitet und soll daher ausführlich beschrieben werden.

Die äussere Form derselben ist in hohem Grade einfach und vollkommen. Der Cylinder A (Figg. 65 u. 66) ist, wie bei fast allen Maschinen, freitragend am Rahmen befestigt. Die Bewegung wird vom Kolben durch die Pleuelstange C direkt auf die gekröpfte Welle B übertragen. Zum Antrieb der Steuerungsorgane dient eine parallel zum Cylinder liegende Welle D, welche je nach der Art der Ausführung durch zwei oder vier Zahnräder von der Schwungradwelle angetrieben wird und halb so viele Umdrehungen wie die letztere macht.

[1]) Bull. d. l. Soc. d'encourag. déc. 1890.

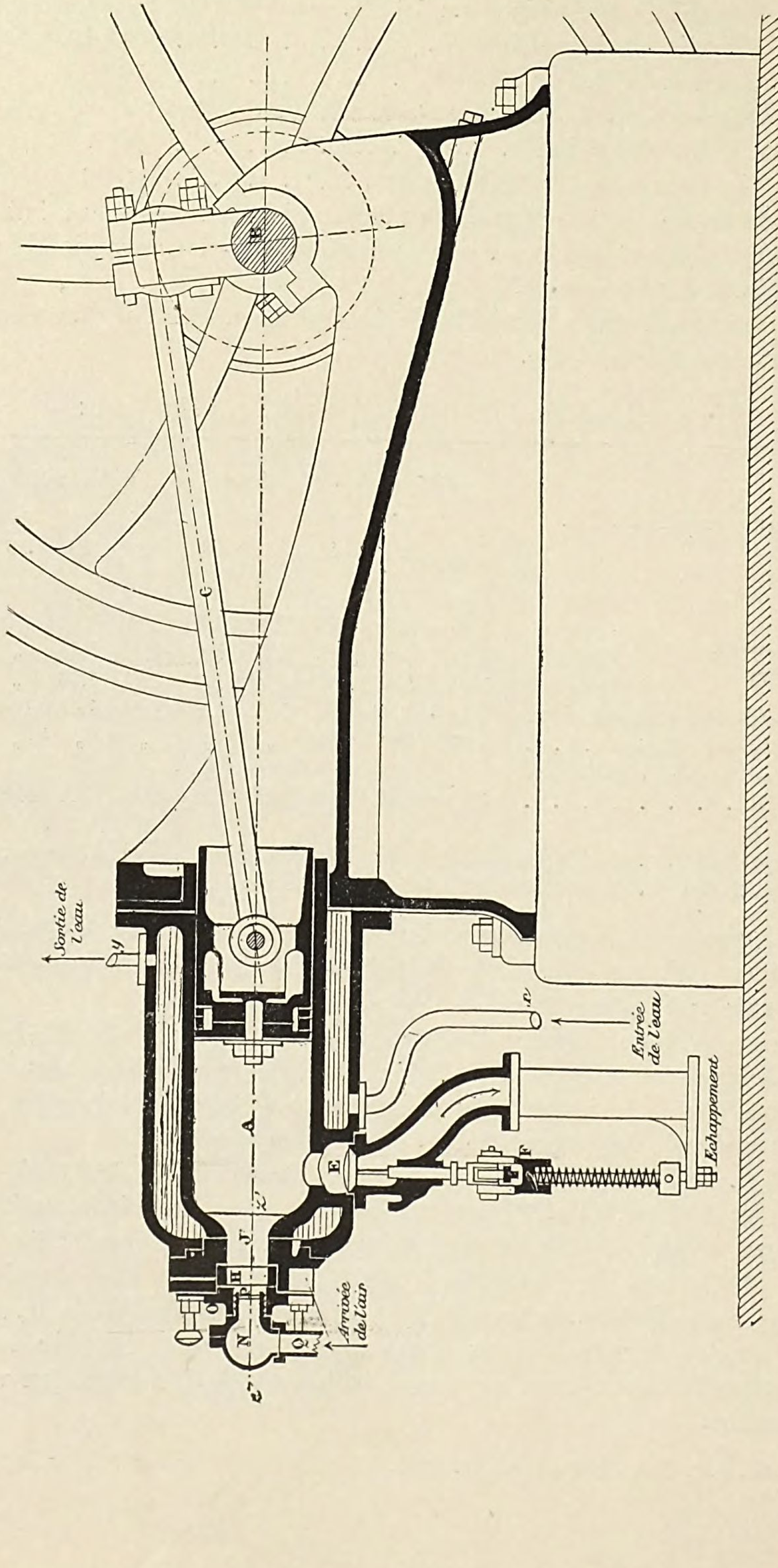

Sortie de l'eau
Entrée de l'eau
Echappement
Arrivée de l'air
A
E
F
H
J
N
x
y

Fig. 65.

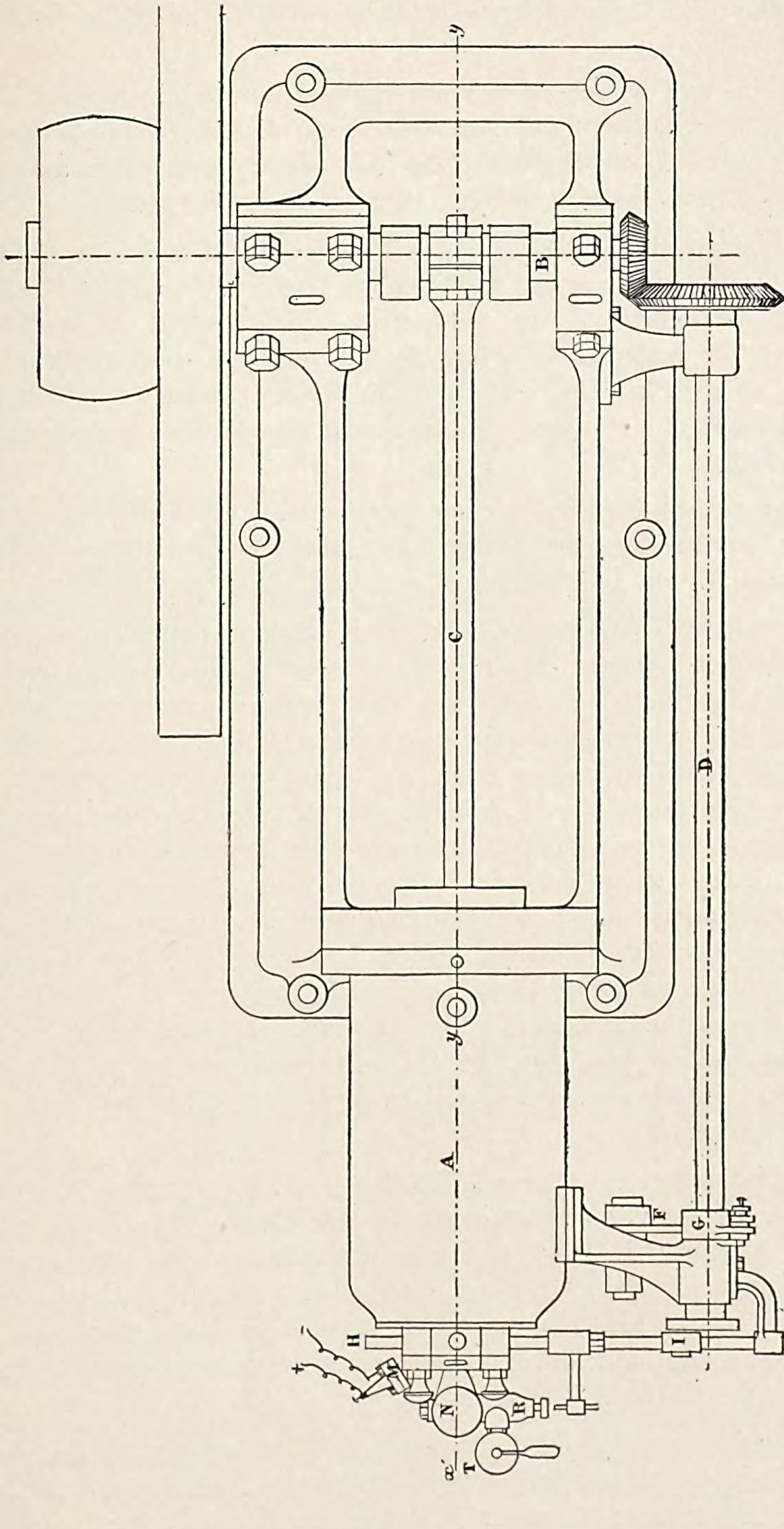


Fig. 66.

Diese Welle bewegt:

1. das unter dem Cylinder liegende Auslassventil E mit Hilfe des Hebels F und des Nockens G,
2. einen hin- und hergehenden Flachschieber H, welcher zur Zündung, zum Einlass der Ladung und zur Regulirung dient. Derselbe wird durch eine Koulisse I verschoben, in welcher der Zapfen einer am hinteren Ende der Steuerwelle befestigten Kurbelscheibe gleitet.

Am hinteren Ende des Cylinders befindet sich ferner eine Oeffnung J, durch welche die Einströmung und Zündung erfolgt. Der Flachschieber enthält nur zwei Oeffnungen, von welchen die eine, K (Figg. 67 und 69), zur Einströmung, die andere, schrägliegende, L, zur Zündung dient. Die Erfinder haben die elektrische Zündung mit elektrischer Batterie und Drahtspule ihrer Einfachheit und Billigkeit halber vorgezogen, dieselbe jedoch eigenartig ausgebildet.

Neuerdings wird an Stelle eines einzigen im gewünschten Momente überspringenden Funkens in der in der Gegenplatte O befindlichen Höhlung M (Figg. 67 und 68) ein Funkenbüschel erzeugt.

Im gewünschten Momente tritt diese Höhlung durch den schrägen Kanal L mit dem Cylinder in Verbindung, worauf die Zündung erfolgt. In Folge dieser Anordnung besitzt diese elektrische Zündung nur noch einen Theil der allen elektrischen Zündungen anhaftenden Nachtheile, während sie alle Vortheile derselben aufzuweisen hat. Da jedoch der schräge Kanal L und die Zündkammer M nach jeder Explosion mit Verbrennungsprodukten angefüllt sind, so müssen die letzteren vor jeder folgenden Zündung entfernt werden, wenn man einen Versager vermeiden will. Dies geschieht mit Hilfe eines kleinen Kanals, durch welchen $^1/_{150}$ Sekunde vor der Verbindung des Cylinders mit der Zündkammer die im Cylinder befindliche komprimirte Ladung die Verbrennungsprodukte austreibt, wodurch die Reinigung der Zündkammer vollständig erreicht und die Zündung gesichert ist. Dies einfache Verfahren hat sich gut bewährt. Der Schieber ist in Folge dieser Konstruktion einfacher und leichter zu unterhalten als bei den meisten anderen Maschinen.

Die Mischung der Luft und des Gases erfolgt vor dem Einsaugen in den Cylinder in einer kugelförmigen, an der Gegenplatte O des Schiebers befestigten Kammer N (Fig. 67) mit drei Oeffnungen, deren eine, P, die Verbindung mit dem Cylinder durch den Schieber hindurch herstellt, deren zweite, Q, zur Einströmung der Luft dient, während durch die dritte, seitlich angebrachte und durch das Gasventil S verschlossene Oeffnung R das Gas aus der Leitung T zuströmt.

Beide Leitungen, sowohl die Gas- als auch die Luftleitung, sind durch je einen mit Theilscheibe und Zeiger versehenen Hahn verschlossen. Im Moment des Einsaugens steht die Kammer N durch den Kanal K des Schiebers mit

dem Cylinder in Verbindung, worauf Luft und Gas in bestimmtem Verhältniss in die Kammer N einströmt, dort gemischt wird und hierauf in den Cylinder gelangt.

Die Kühlung geschieht durch Wassercirkulation und tritt das Wasser bei x (Fig. 65) ein, bei y aus. Die Regulirung erfolgt durch vollständigen Abschluss des Gasventils und werden zwei Methoden der Einwirkung auf das Gasventil ausgeführt.

Bei der ersten wird eine kleine, am Schieber befestigte Luftpumpe 1 (Fig. 67) mit dem letzteren hin- und herbewegt, deren Kolben 2 an der Gegenplatte O befestigt ist. Am hinteren Ende des Cylinders 1 befindet sich eine kleine, durch eine Schraube 4 regulirbare Oeffnung, durch welche eine bestimmte Luftmenge ausströmen kann. Am Boden des Cylinders sitzt der mit einem Saugventil versehene Kolben 6, welcher sich in dem lothrechten Rohr 8 verschieben kann und am unteren Ende seiner Kolbenstange die mit einer schrägen Schneide versehene Stange 7 trägt. Die Ein- und Austrittsöffnungen der Luft sind nun so regulirt, dass bei der normalen Geschwindigkeit alle angesaugte Luft wieder ausgetrieben wird, in welchem Falle der Kolben 6 in seiner Lage bleibt, die Stange 7 mit ihrer Schneide gegen eine entsprechende Fläche am rechten Ende der Ventilstange des Gasventils S stösst und das letztere somit öffnet.

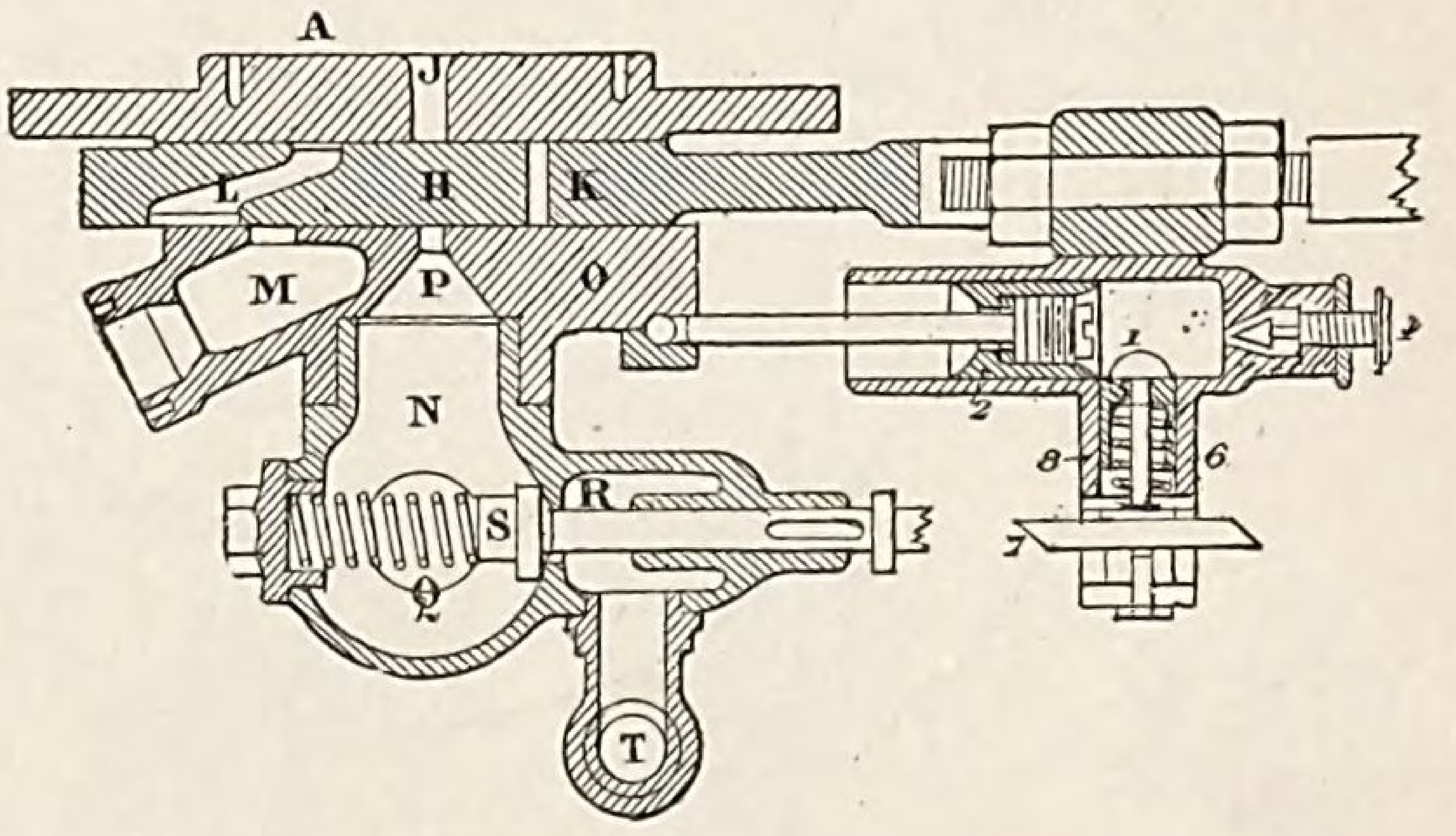


Fig. 67.

Wächst jedoch die Geschwindigkeit der Maschine, also auch diejenige des Schiebers und des Cylinders 1, so kann die angesaugte Luft nicht vollständig entweichen, sodass in dem Luftcylinder eine geringe Kompression derselben stattfindet, in Folge deren der Kolben 6 nach unten bewegt wird, die Stange 7 also ausser Eingriff mit der Gasventilstange kommt und die Gaszuströmung unterbrochen wird.

Da dieser Regulator in allen Lagen funktionirt, ist er besonders für nichtstationäre Maschinen geeignet. Er ist jedoch ziemlich komplizirt und empfindlich, weshalb die Erbauer des Simplex-Motors ihn neuerdings durch einen eigenartigen Pendelregulator ersetzt haben, welcher zwar auf einem bekannten Prinzipe beruht, dessen Anwendung auf die Gasmaschinen jedoch neu ist.

Ein doppelarmiger Hebel α (Figg. 68 und 69) ist ungefähr in seiner Mitte in der an der Gegenplatte befestigten Stange β drehbar gelagert. Ein unteres, scheibenförmiges Gewicht ist mit demselben fest verbunden, während ein oberes, kugelförmiges Gewicht sich mittelst zweier Schrauben auf der

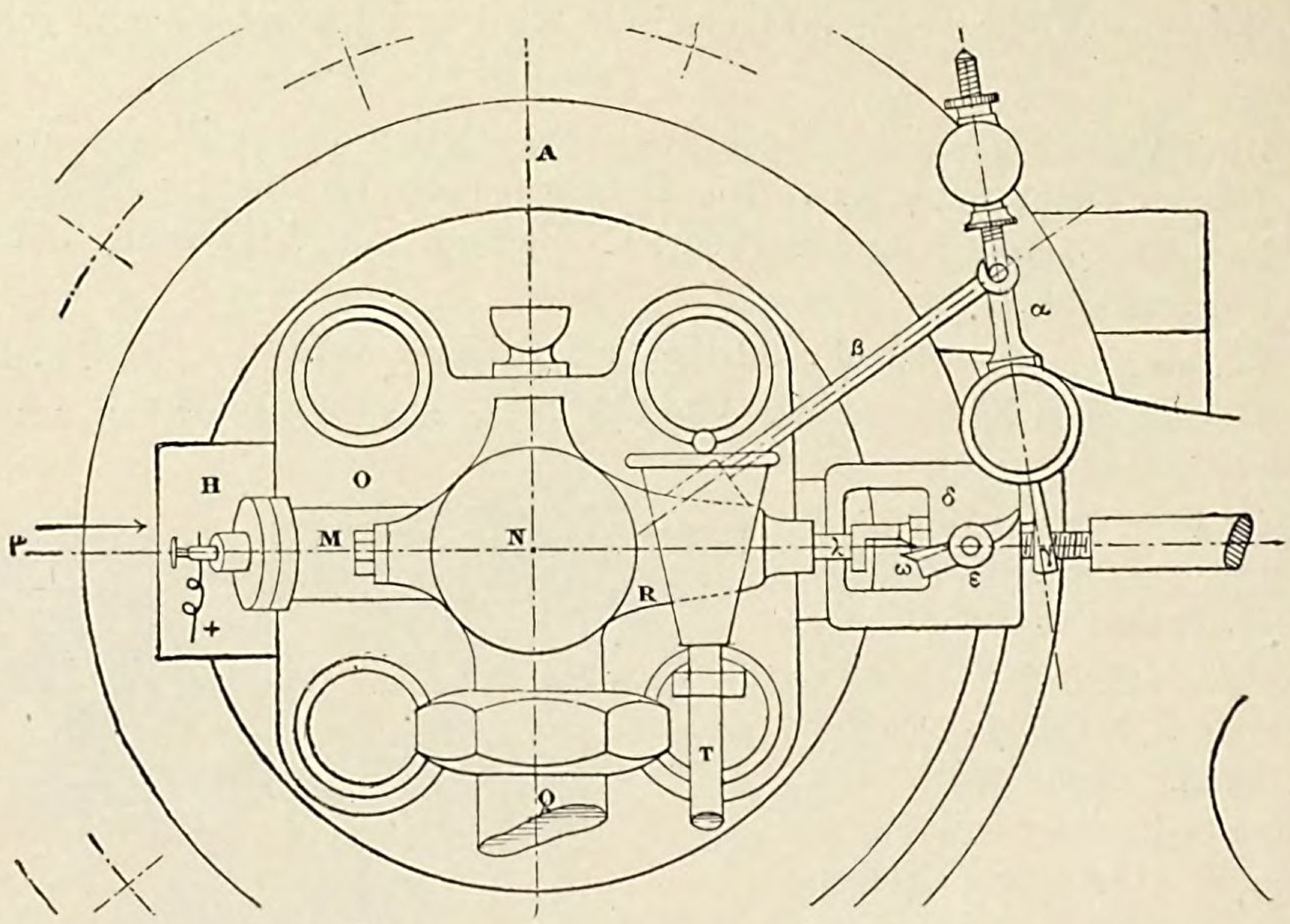


Fig. 68.

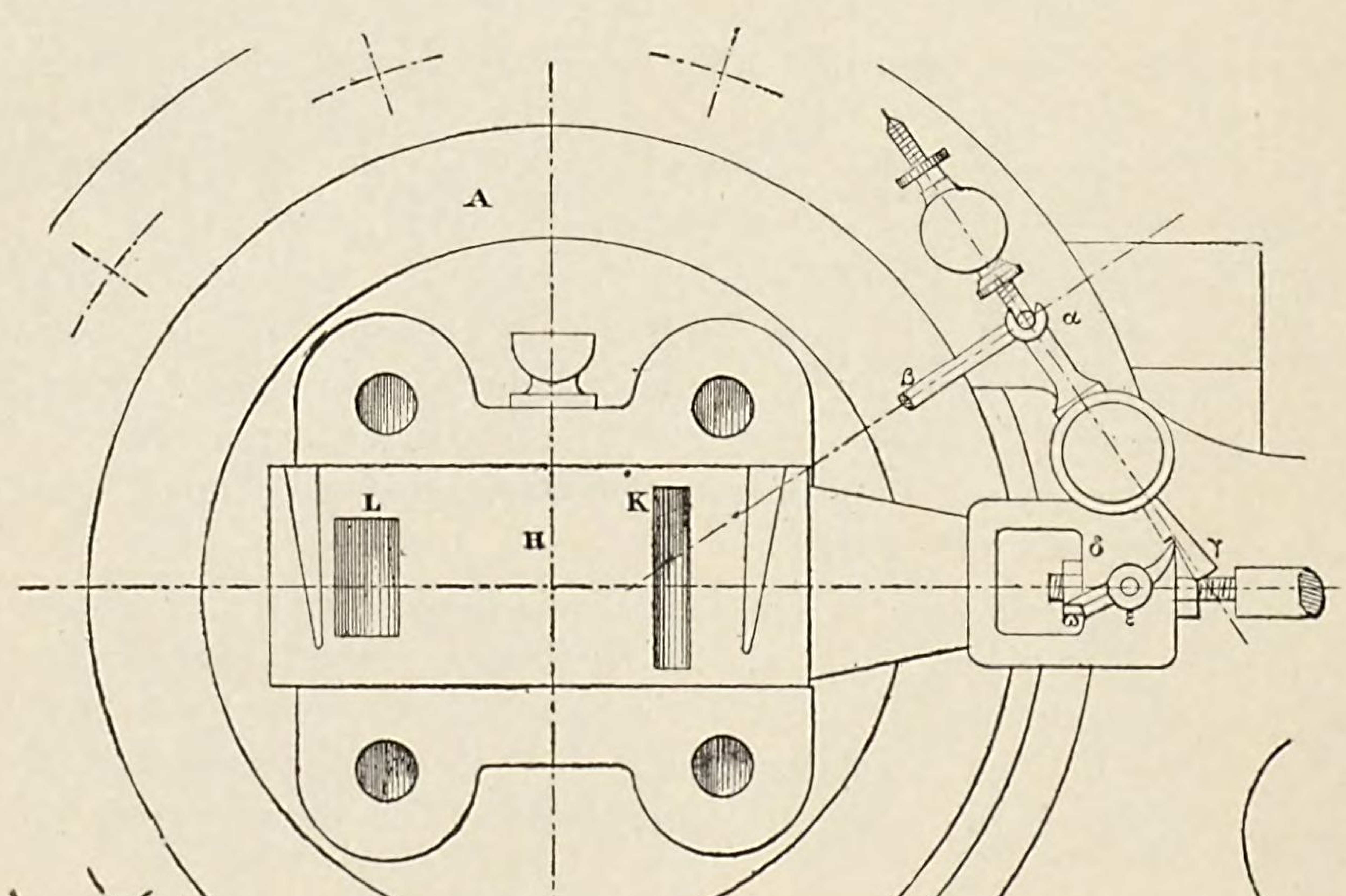


Fig. 69.

Pendelstange verstellen lässt, welche am unteren Ende einen Zahn γ trägt, dessen Zweck folgender ist. In derselben Vertikalebene wie das Pendel liegt eine um den am Schieberkopf δ befestigten Zapfen ε drehbare Klinke ω, deren linke Hälfte schwerer als die rechte ist. Aus dem Vorstehenden folgt, dass, wenn der Schieber sich in der Richtung des Pfeiles μ (Fig. 68) von links nach rechts bewegt, der Hebel ω das Pendel aus der lothrechten Lage verschieben wird, dass das Pendel ferner beim Rückgange vermöge seines Eigengewichtes zurückfallen wird. Die Fallgeschwindigkeit wird jedoch je nach der Stellung des oberen Gegengewichts veränderlich, für eine bestimmte Stellung desselben jedoch stets dieselbe sein. Die Geschwindigkeit kann daher mittelst des Gegengewichts so regulirt werden, dass sie der Geschwindigkeit des Schiebers bei normaler Tourenzahl der Maschine gleich ist. Bei dieser Geschwindigkeit wird somit der Zahn γ den Hebel ω in horizontaler Lage halten, in welcher Stellung die vordere Schneide des Hebels das Gasventil öffnet. Ist jedoch die Geschwindigkeit des Schiebers grösser als diejenige des Pendels, so wird beim Beginne der Rückkehr des Schiebers von rechts nach links in Folge des Zurückbleibens des Pendels vermöge seiner Trägheit das rechte Ende der Klinke ω ausser Eingriff mit der Schneide γ kommen, das linke Ende derselben in Folge ihres Uebergewichts daher niedersinken und keine Berührung mit der Ventilstange des Gasventils mehr stattfinden.

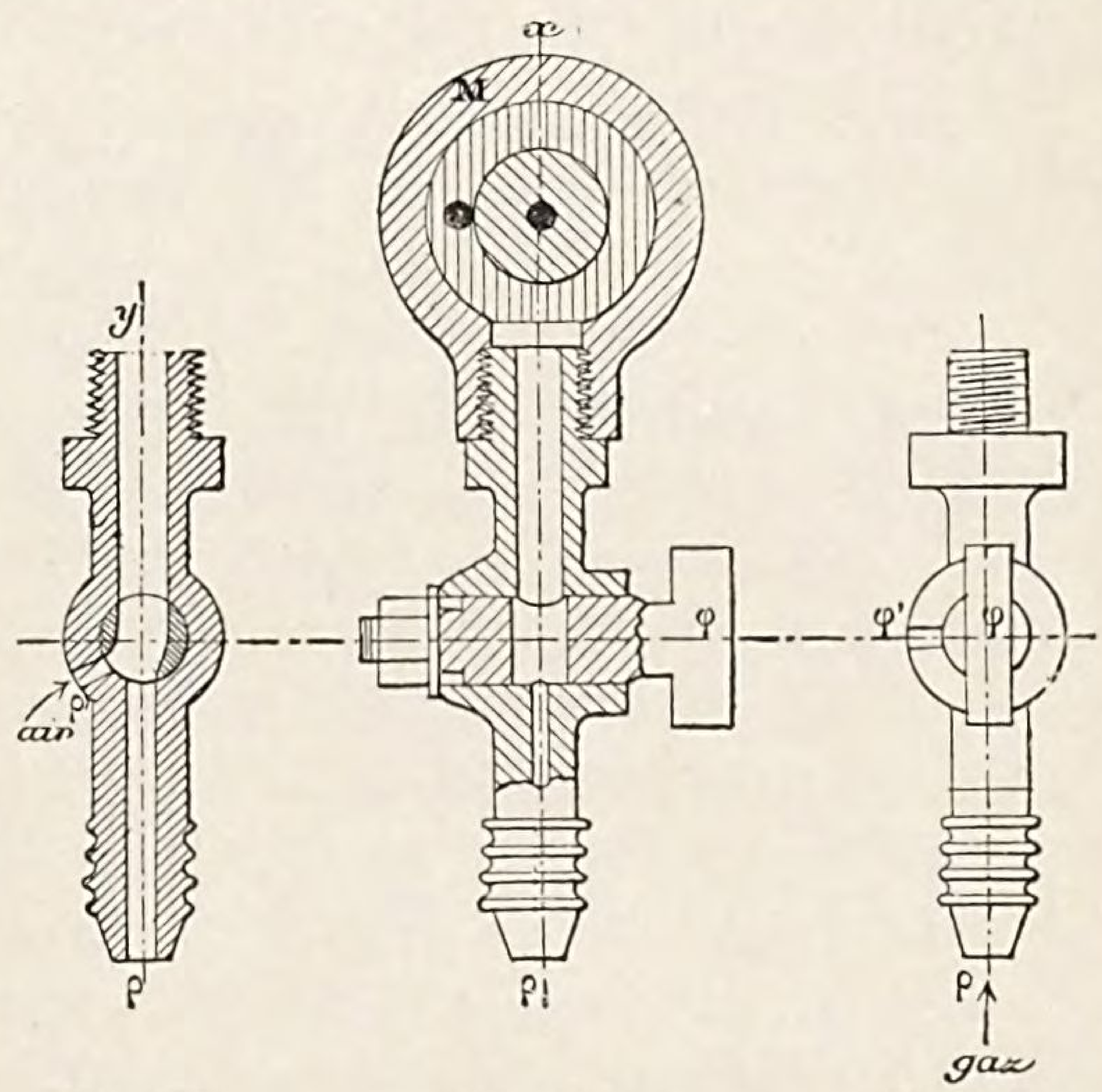


Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72.

Die Erfinder des Simplex-Motors haben nach vielfachen Versuchen auch eine selbstthätige Anlassvorrichtung konstruirt, welche einfach und zweckentsprechend ist. An der Zündkammer M befindet sich ein Dreiweghahn (Figg. 70—72), welcher mit einem kleinen Röhrchen ϱ versehen ist. Dasselbe ist durch einen Schlauch mit der Gasleitung T verbunden, an welche ein kleiner, zum Absperren dieser Nebenleitung dienender Hahn angeschraubt ist.

Befindet sich der Kolben in seiner hinteren Endstellung, in welcher die Explosion stattfindet und der Cylinder durch den schrägen Kanal L mit der Zündkammer M in Verbindung steht, so wird der Hahn der Hilfsleitung und hierauf der Dreiweghahn φ geöffnet. Der letztere befindet sich dann in der Stellung Fig. 70. Wird hierauf langsam am Schwungrad gedreht, so saugt der Kolben Gas durch den Dreiweghahn und das Rohr ϱ, Luft durch die kleine Bohrung ϱ' (Fig. 70) an. Hat der Kolben ungefähr $^2/_3$ seines Hubes vollendet, so wird der Dreiweghahn geschlossen, das Schwungrad zurück-

gedreht, bis der Kolben ungefähr auf $^1/_3$ seines Hubes steht, sodann der elektrische Strom geschlossen, worauf die Zündung stattfindet und die Maschine in Gang kommt.

Da jedoch die Kompression des Gases bei grösseren Maschinen zu schwierig ist und die Maschine durch diese erste Explosion nicht Kraft genug erhalten hat, um die neue Ladung vollständig zu komprimiren und daher stillstehen wird, so war anfänglich beim Simplex-Motor über dem Kompressionsraume ein kleiner Hahn angebracht, welcher beim Komprimiren der neuen Ladung geöffnet wurde und einen Theil des Gas- und Luftgemisches entweichen liess. Neuerdings ist dieser Hahn durch einen Nocken ersetzt, welcher während des Anlassens das Auslassventil etwas anhebt und dadurch einen Theil der Ladung entweichen lässt, jedoch ausser Thätigkeit tritt, sobald die Maschine in Gang gekommen ist.

Diese Einrichtung findet sich bei den Maschinen unter 10 PS. Für sehr grosse Maschinen dient eine Windevorrichtung, welche am Fundament befestigt ist, zum Anlassen. Ein, an einem Schwungradarm befestigtes Seil wird auf die Trommel der Winde aufgewickelt und hierdurch das Schwungrad gedreht. Mit Hilfe dieser Vorrichtung können zwei Mann eine 100pferdige Maschine mit Leichtigkeit in Gang setzen.

Die Drahtspule der elektrischen Zündvorrichtung ist mit einem Stromunterbrecher versehen. Der grösseren Sicherheit halber, sowie um einen unnöthigen Zinkverbrauch in den Elementen während des Stillstandes der Maschine zu vermeiden, können die Zinkcylinder mittelst einer kleinen Hebevorrichtung aus der Batterie herausgehoben werden.

Im Jahre 1885 wurde Witz beauftragt, einen Simplex-Motor von 200 mm Durchmesser, 400 mm Hub und 160 Touren bei normalem Gange einer Untersuchung zu unterwerfen. Eine Reihe von ihm angestellter Versuche ergab folgende mittlere Werthe:

Effektive Leistung	$8^1/_3$ PS.,
Minutl. Tourenzahl	164,00
Stündlicher Gasverbrauch für 1 eff. PS. (ohne Zündung)	600 l.
Mit Berücksichtigung der Zündung beträgt der Gasverbrauch ungefähr 610 l für die eff. St. PS.	
Stündlicher Kühlwasserverbrauch für 1 eff. PS. . . .	20 l,
Temperatur des abgehenden Kühlwassers	71° C.,
„ der „ Gase	350° „
Mittlerer Kolbendruck	3,74 kg/qcm.

Der Wirkungsgrad des Kreisprozesses war gleich 0,2, während der Verlust durch das Kühlwasser 40 % der disponiblen Wärme betrug. Die Kompression war sehr stark und stieg über 4 kg/qcm, der Explosionsdruck erreichte bei gasarmen Mischungen 14 kg/qcm, bei gasreicheren Mischungen sogar mehr als 22 kg/qcm. Die Enddrücke der Expansion schwankten zwischen 1,5 und 2 kg/qcm. Der Schmierölverbrauch betrug 160 g stündlich, also mehr als 16 g für 1 Stunden-

pferd, was verhältnissmässig viel ist. Trotzdem ist der Nutzeffekt, welchen die Simplex-Motoren geben, als ein sehr befriedigender zu bezeichnen. Erwägt man ferner noch, dass ihr Gang ein ruhiger und gleichmässiger ist, so darf man dieselben wohl zu den besten gegenwärtig existirenden Gasmotoren zählen.

Sie werden hauptsächlich in drei Typen gebaut, von 1 bis 12 PS., von 16 bis 40 PS. und von 50, 75, 100 und 150 PS.

Die drei Arten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Konstruktion wenig von einander. Für gewöhnlich besitzen die Motore von 16 bis 150 PS. vier

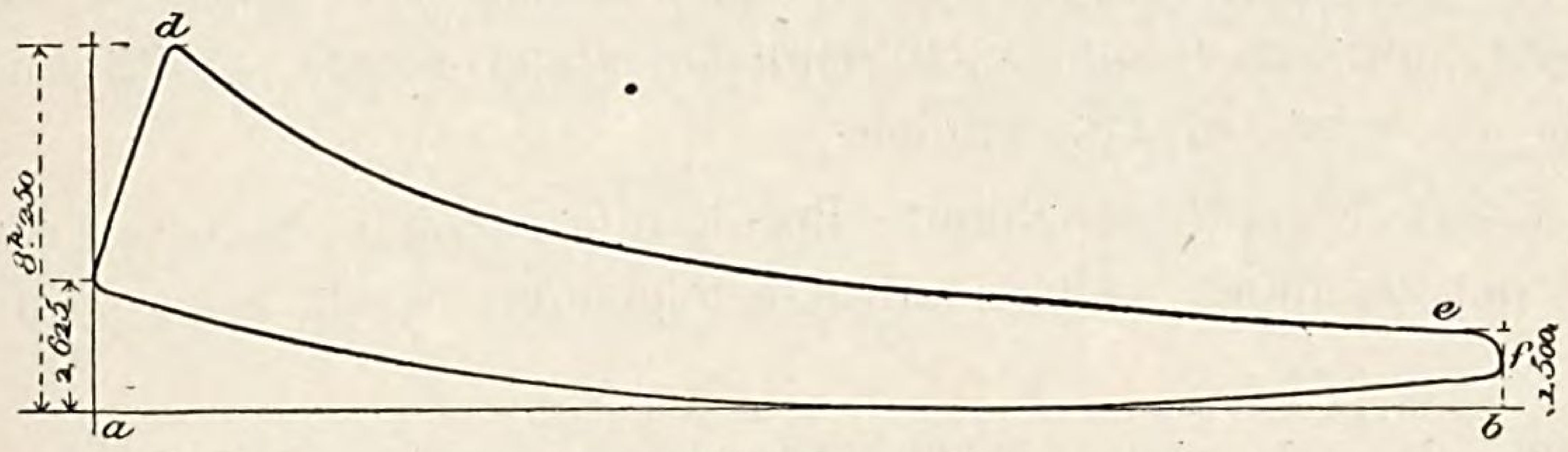


Fig. 73.
Diagramm eines 8pferdigen Simplex-Motors.

Zahnräder zur Uebertragung der Bewegung auf die Steuerwelle, ferner trägt die Antriebswelle meistens zwei Kurbelscheiben, wodurch die Gleichmässigkeit des Ganges erhöht wird, und endlich sind alle Simplex-Motoren eincylindrisch.

Gebaut werden dieselben in Nordfrankreich von den vormals Powellschen Werken, Matter & Cie. Nachfolger in Rouen, den Firmen Chantiers de la Buire zu Lyon und Forges de l' Norme in Saint-Chamond für das übrige Frankreich, Algier, Italien und Spanien, von der Firma Steinlein & Co. in Mülhausen für Deutschland, der Firma Société anonyme des Hayes de Gilles in Charleroi für Belgien.

Die folgende Tabelle giebt die Hauptdaten der liegenden Simplex-Motore von 1 bis 100 PS.

Leistung in eff. PS.		1	2	4	6	8	12	16	20	30	40	50	75	100
Abmessungen in m	Länge	1,80	2,15	2,40	2,60	2,90	3,00	3,60	3,90	4,30	4,80	5,40	6,50	7,00
	Breite	0,80	0,92	1,10	1,15	1,20	1,30	1,80	1,90	2,20	2,50	2,70	3,00	3,40
	Höhe	1,45	1,60	1,75	1,80	1,95	2,10	1,95	1,95	2,20	2,40	2,50	2,70	3,00
Tourenzahl in der Minute		200	190	180	170	165	156	150	144	135	126	120	110	105
Durchmesser des Schwungrades, m		1,30	1,40	1,60	1,75	1,90	2,00	2,10	2,15	2,47	2,75	3,00	3,60	3,80
Gewicht der Maschine, kg		755	1110	1510	1800	2140	3200	7000	8000	10000	13000	15000	20000	25000
Gewicht des Sockels, kg		180	220	260	300	400	—	—	—	—	—	—	—	—

Maschine von Körting (Modell 1887). Bei der ersten von Körting im Jahre 1881 ausgeführten und 1883 verbesserten Gasmaschine fand bei jeder Umdrehung eine Explosion statt, während erst später (1885) der Viertakt eingeführt wurde.

Doch auch die Körting'sche Viertaktmaschine, welche bedeutend besser als die Zweitaktmaschine derselben Firma war, wurde noch vielfach verbessert bis zu dem Modell vom Jahre 1887, welches im Folgenden zunächst beschrieben werden soll.

Zu bemerken ist vor allem, dass alle Körting'schen Motore eine Reihe charakteristischer Eigenthümlichkeiten zeigen, zunächst die stehende Anordnung, welcher die Erbauer eine grössere Einfachheit der Konstruktion, geringeres Gewicht, geringeren Raumbedarf, leichtere Ueberwachung und geringeren Schmiermaterialverbrauch nachrühmen. Alle diese Vorzüge sind bis zu einem gewissen Grade zutreffend, so lange es sich um Maschinen von nicht mehr als 8 bis 10 PS. handelt.

Die zweite Eigenthümlichkeit aller Körting'schen Motoren ist die Art und Weise der Zündung, welche auf dem folgenden, wenig bekannten Prinzipe beruht:

Wenn ein mit einem brennbaren Gas gefüllter Behälter vermittelst eines konischen Rohres mit der äusseren Luft derartig in Verbindung steht, dass die weitere Oeffnung der Luft, die engere dem Gase zugekehrt ist, und das Gas mit einer gewissen Geschwindigkeit ausströmt, so wird der Druck in dem konischen Rohre allmählich abnehmen und im grössten Querschnitte des Rohres gleich dem äusseren Luftdrucke sein. Wird nun das Gas am weiteren Rohrende entzündet, so wird die Flamme sich in das konische Rohr bis zu einem Punkte fortpflanzen, in welchem die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme genau gleich der Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases ist. Die Flamme bleibt somit in diesem Punkte stehen. Wird jedoch die äussere Mündung des Rohres momentan abgeschlossen, so wird sich das übrige, im konischen Rohre noch enthaltene Gas gleichfalls entzünden, und eine Flamme in das Reservoir zurückschlagen.

Dieses Prinzip ist folgendermassen zur Ausführung gelangt. Anfangs wurde das Reservoir durch den Cylinder A selbst repräsentirt (Fig. 74), welcher mit einer kleinen Kammer a in Verbindung steht, an deren oberem Ende sich ein mit zwei kreuzweisen Bohrungen versehener Cylinder d befindet. Dieser Cylinder hat eine Oeffnung bei h und eine Querbohrung o (Fig. 76). Im Innern dieses Cylinders befindet sich ein zweiter Cylinder i, welcher mit einer länglichen, konischen Bohrung b und einer Querbohrung c versehen ist. Ueber dem Cylinder i und in dem kreuzweis durchbohrten Cylinder d befindet sich ein beweglicher Vollcylinder k. Mit Ausnahme eines kurzen, der Zündung vorausgehenden Augenblickes liegt der Cylinder k stets auf der erweiterten Oeffnung von b, während der Cylinder i auf einem am unteren Ende von d angebrachten Ringe d′ aufliegt. Am Ende der Kompression werden die Cylinder k und i gehoben und die Oeffnung c abgeschlossen, worauf das durch das konische Rohr b ausströmende Gemisch sich an einer Zündflamme l durch Vermittelung des Kanales o entzündet. Einen Moment später wird der Cylinder k fest gegen die erweiterte Oeffnung von b ge-

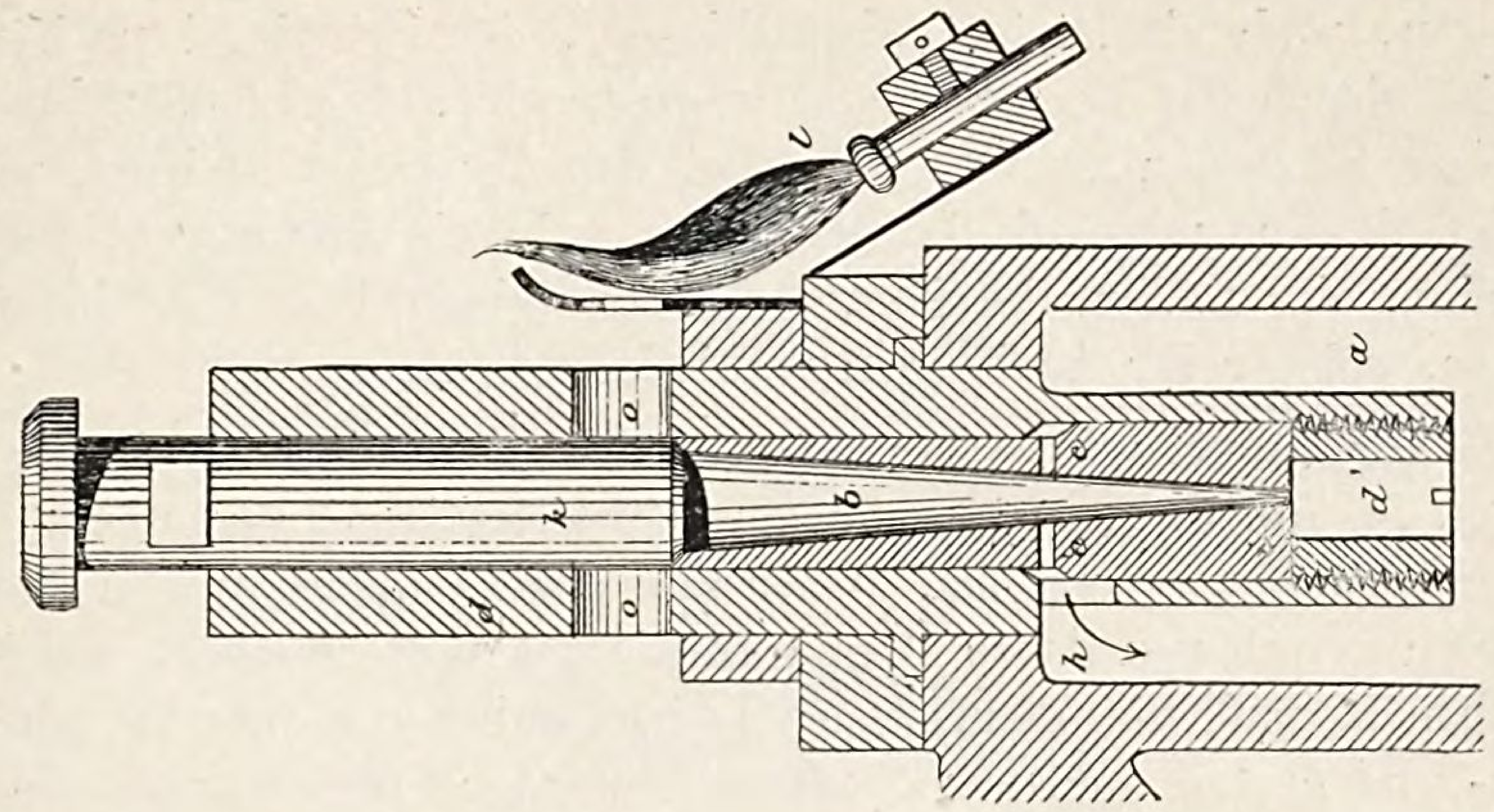


Fig. 76.

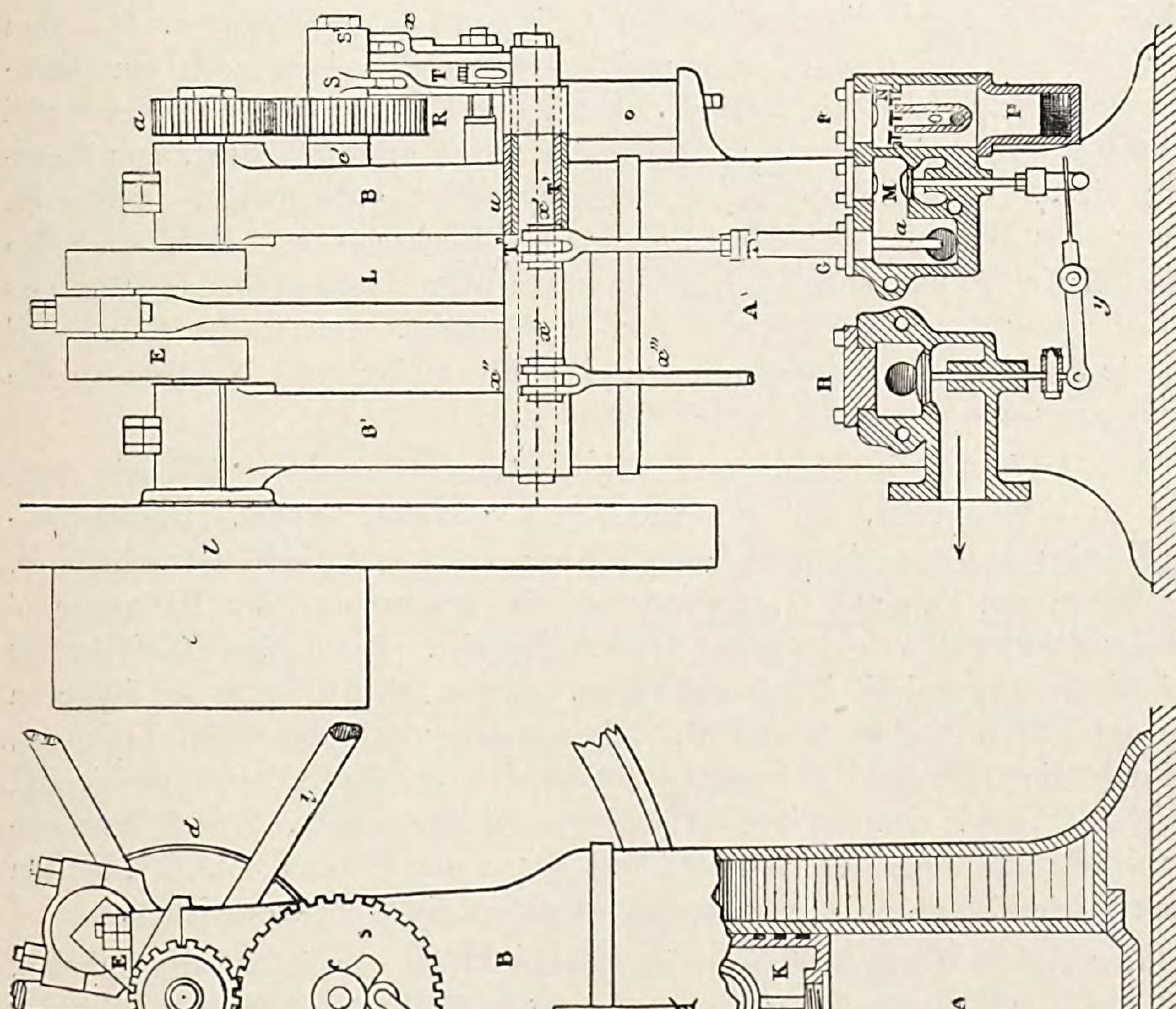


Fig. 75.

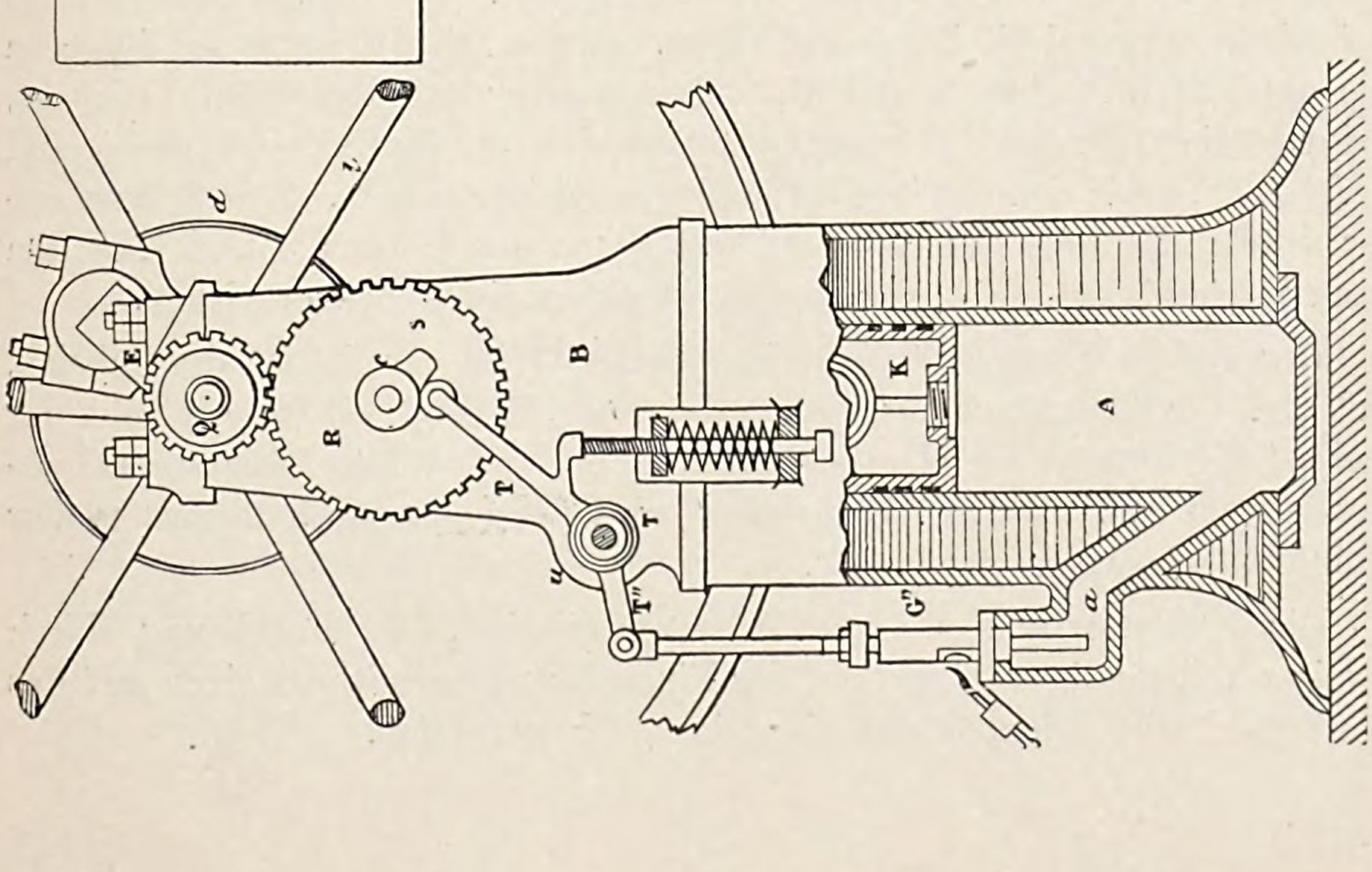


Fig. 74.

stossen, wodurch letztere abgeschlossen, der Cylinder i nach unten bewegt und dadurch das Loch c wieder geöffnet wird. Die Flamme pflanzt sich nun in dem konischen Rohre fort, wobei sich der Druck steigert, und schlägt in Folge dessen durch die Löcher c und k in die Kammer a, wo sie die Entzündung der Ladung bewirkt. Die Zündflamme l ist mit einem Schirm versehen, welcher ihr Auslöschen verhindern soll.

Die Körting'sche Maschine besteht aus einem stehenden Cylinder A (Figg. 74, 75), dessen Boden in eine zur Befestigung am Fundamente dienende Grundplatte erweitert ist. Oberhalb des Cylinders tragen die beiden mit Lagern versehenen Arme B und B′ die gekröpfte Welle E, welche durch den Kolben K und die Pleuelstange L in Umdrehung versetzt wird. Alle zum Ein- und Auslass und zur Zündung dienenden Vorrichtungen sind am unteren Ende der Maschine angebracht. Auf der rechten Seite liegt das Einlassventil F, in der Mitte die Zündvorrichtung G, links das Auslassventil H. Das Gasgemisch strömt durch die Zündkammer a hindurch in den Cylinder. Zwischen dieser Kammer und dem Einlassventil befindet sich jedoch noch ein Rückschlagventil M, welches ein Zurückschlagen der Flamme in das Einlassventil verhindern soll und ausserdem, wie weiter unten erläutert wird, zur Regulirung dient. Der Einlass des Gemisches erfolgt selbstthätig, indem im Moment des Beginns der Einströmung das Rückschlagventil M und die Ventile N sich öffnen und die Luft aus dem Maschinengestell, das Gas aus der Gasleitung durch die Rohre P und O einströmt. Das in der Kammer F gebildete Gemisch geht sodann durch das Rückschlagventil M, tritt in die Zündkammer a und endlich in den Cylinder A.

Das Auslassventil H und die Zündvorrichtung G werden beide, wie noch näher zu erklären ist, auf ein und dieselbe Weise bewegt. Die Kurbelwelle E trägt an ihrem einen Ende das Schwungrad l und die Riemenscheibe d, am anderen ein Zahnrad Q, welches in ein zweites auf der Hilfswelle c′ sitzendes Zahnrad R von doppelter Grösse eingreift. Die Hilfswelle c′ bewegt das Auslassventil und die Zündvorrichtung. Hierzu trägt dieselbe am äusseren Ende die beiden Nocken S und S′, deren ersterer auf den Hebel T drückt, hierdurch die Querwelle T′ bewegt, welche sich in der Hülse U dreht und den Hebel T″, sowie den mit ihm verbundenen Zünder G hebt. Eine Schraubenfeder drückt die Rolle des Hebels T fest gegen den Nocken S und hebt den ganzen Mechanismus nach erfolgter Zündung in die Ruhelage zurück.

Der andere Nocken S′ wirkt in gleicher Weise vermittelst der Hebel x, x′ x″ und der Stange x‴ auf das Auslassventil H (Fig. 77), jedoch hebt der Hebel x″ die Stange des Ventils H nur dann, wenn das Auslassventil geöffnet werden soll. Durch die Feder v′ wird der ganze Mechanismus wieder in seine Ruhelage zurückgebracht.

Die Kühlung erfolgt durch Wassercirkulation, die Regulirung durch zeitweises vollständiges Absperren der Einströmung vermittelst einer auf das Auslassventil wirkenden, höchst sinnreichen Konstruktion.

Das Zahnrad R trägt im Innern ein um den Punkt α' schwingendes Segment α, welches durch eine Feder β in seiner, einer bestimmten, normalen Tourenzahl entsprechenden Lage gehalten wird. Mit Hilfe der Schraube β' und des um β''' drehbaren Hebels β'' kann die Spannung der Feder für eine bestimmte Tourenzahl regulirt werden. Das Segment α steht seitlich ein wenig über den inneren Rand des Zahnrades hervor und berührt in seiner äussersten Stellung die Gleitrolle des um γ' drehbaren Winkelhebels γ, an dessen anderem Ende eine Schneide δ befestigt ist, welche in der gezeichneten

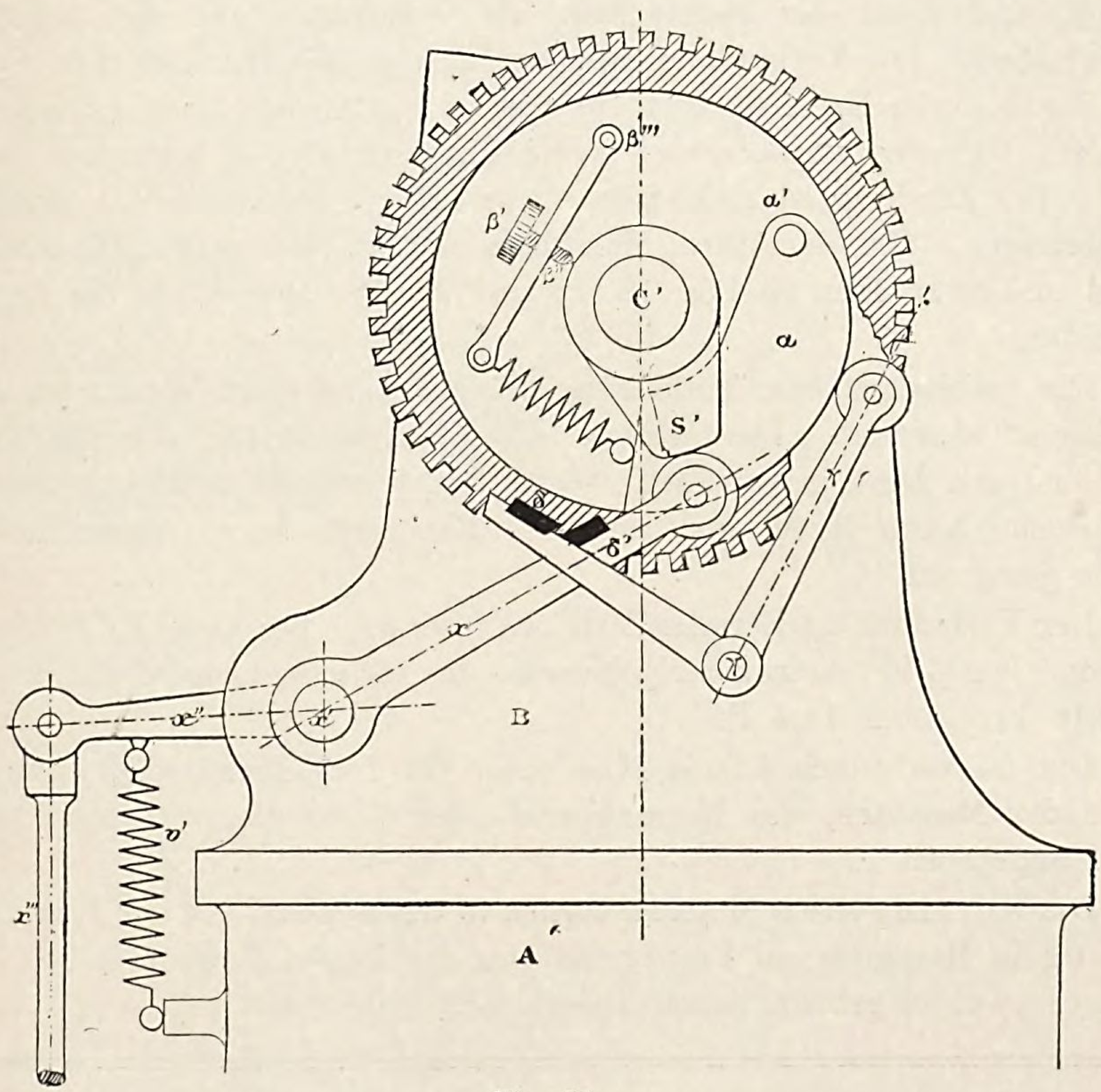


Fig. 77.

Stellung mit der am oberen Ende des Hebels x befestigten Schneide δ' in Eingriff kommt. Die Wirkungsweise der Vorrichtung ist nun folgende.

Bei einer bestimmten, normalen Geschwindigkeit bleibt das Segment α innerhalb des Zahnrades, während es sich bei einem Ueberschreiten derselben nach auswärts bewegt, gegen die Gleitrolle des Winkelhebels γ stösst, diesen in demselben Augenblick, in welchem der Daumen S' das Auslassventil öffnet, niederdrückt und die beiden Schneiden δ und δ' in Eingriff bringt, so dass das Auslassventil geöffnet bleibt, bei den folgenden Saugperioden also keine neue Ladungen angesaugt werden und keine Explosionen stattfinden können,

bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder auf die normale Geschwindigkeit gesunken ist.

Damit das Saugventil N sich keinesfalls öffnet, so lange das Auslassventil offen ist, wird das Rückschlagventil M durch den an der Stange x''' befestigten Hebel y (Fig. 75) auf seinem Sitz niedergehalten.

Die in den vorstehenden Figuren abgebildete Maschine ist eine solche des französischen Typus, von welchem die Ausführung dieser Maschinen in Deutschland etwas abweicht, während das Prinzip natürlich dasselbe ist. Bei den letzteren Maschinen ist der Wassermantel prismatisch und nicht konisch, und dient der rechte Arm als Oelbehälter für die Schmierung des Cylinders. Die Verbindung zwischen diesem Behälter und dem Cylinder wird durch einen Hahn bewirkt, welcher sich vermöge einer zwischen ihm und dem Gashahn angebrachten Verbindungsstange mit letzterem zugleich öffnet. Die Zündung ist gleichfalls etwas anders als bei den französischen Ausführungen. Die deutschen Maschinen werden bis zu 20 PS. und mehr gebaut und zwar über 10 PS. (12, 16 und 20 PS.) gewöhnlich als Zwillingsmaschinen.

Die vorbeschriebene Ausführung des Körting'schen Motors ist einfach und höchst sinnreich. Die Gehäuse des Mischventils und der Zündvorrichtung sind mit Deckeln versehen, welche leicht entfernt werden können und ein rasches Kontrolliren und eventuell Repariren bezw. Auswechseln der Ventile gestatten.

Der Verbrauch an Schmieröl ist sehr gering. Bei einer Körting'schen Maschine von 4 PS. betrug beispielsweise die tägliche Ausgabe für Schmieröl nur 0,18 Frcs. oder 14,4 Pf.

Der Gasverbrauch älterer Maschinen für 1 St.-Pferd wird je nach der Grösse der Maschine, der Beschaffenheit des Gases etc. zwischen 800 und 1000 l angegeben.

Die Körting'schen Motoren werden in Deutschland von der Firma Gebr. Körting in Hannover, in Frankreich von der Firma Boulet & Co. (früher N. Lachapelle) gebaut, deren Tabelle hier mitgetheilt ist.

Effektive PS.		1/2	1	2	3	4	5	6	8
Abmessungen in m	Breite	0,55	0,65	0,78	0,85	0,95	0,95	1,05	1,05
	Höhe bis Achsenmittel	0,680	0,820	0,980	1,105	1,180	1,180	1,325	1,325
	Tiefe	0,800	1,000	1,200	1,400	1,400	1,500	1,500	1,500
Tourenzahl in der Minute . . .		200	180	180	180	180	180	160	160
Gewichte in kg		370	480	700	880	1150	1260	1400	1600

In den Figuren 78—81 ist eine neuere Form des Körting'schen Gasmotors dargestellt, welche sich namentlich durch die Zündung von der in den Figuren 74—77 dargestellten Ausführung unterscheidet.

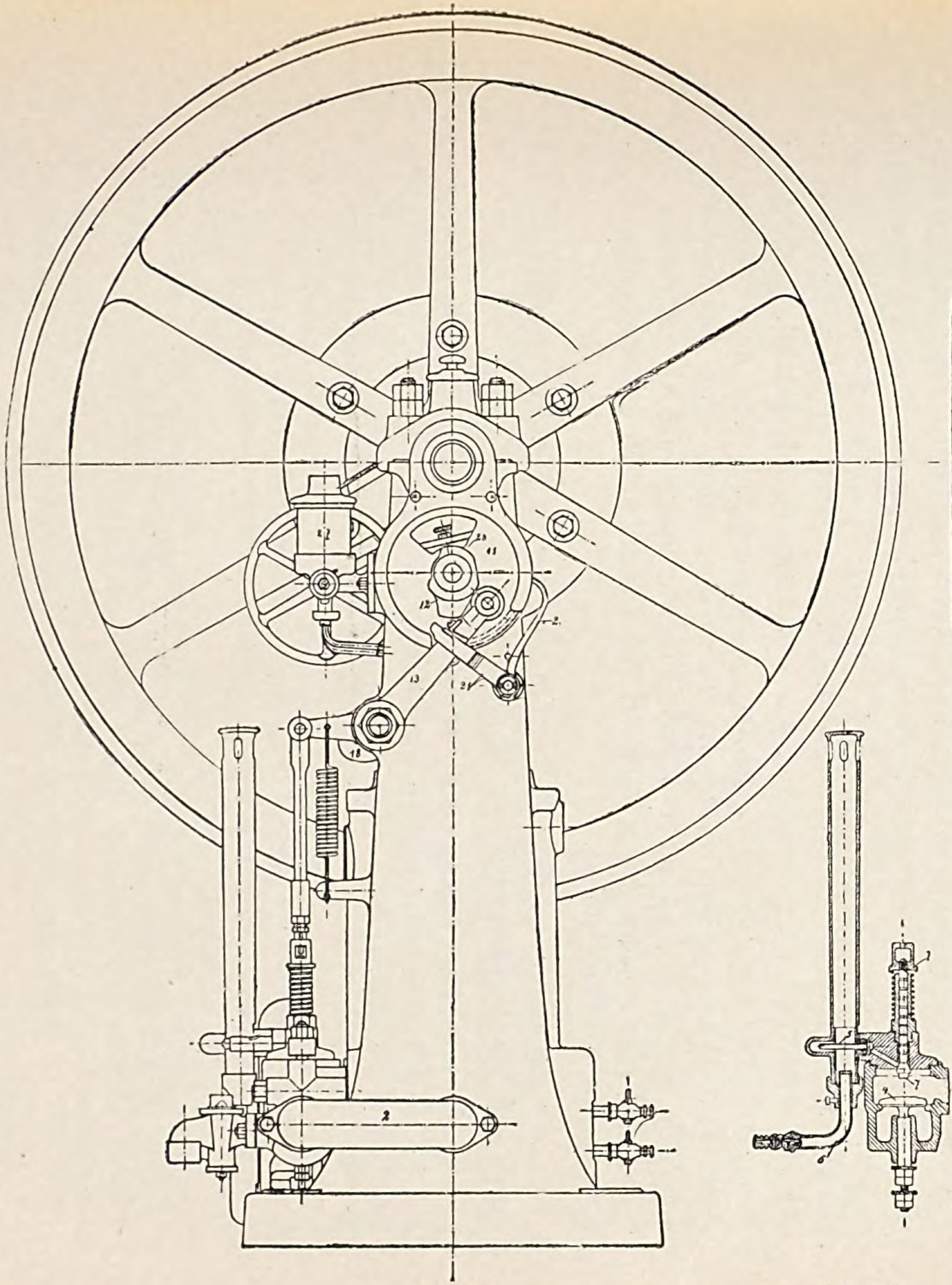


Fig. 78.

Fig. 79.

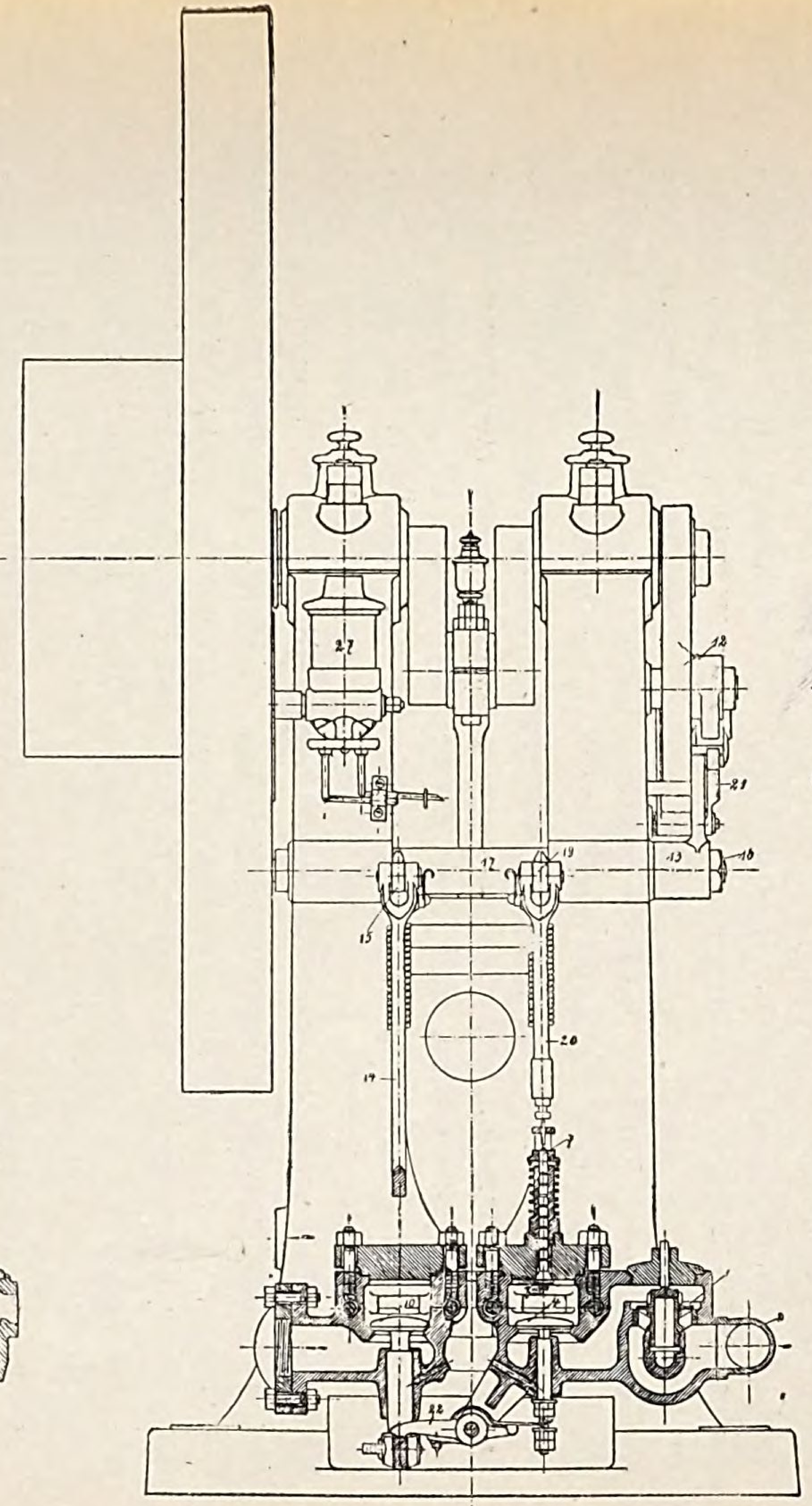


Fig. 80.

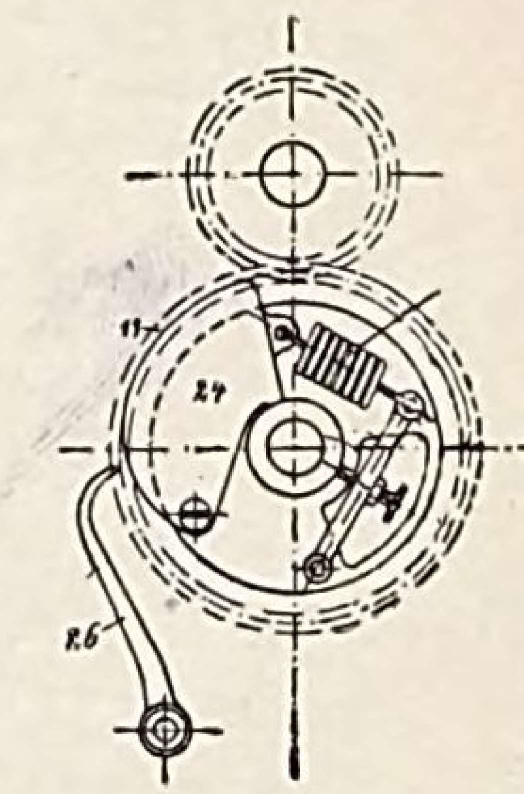


Fig. 81.

Was zunächst die Ein- und Auslass-Ventile betrifft, so sind dieselben ähnlich wie bei der vorher beschriebenen Maschine. Vor dem Saugventil 4 des Cylinders liegt das Mischventil 1, welches den Hauptzweck hat, das Mischungsverhältniss zwischen Gas und Luft während der ganzen Saugperiode möglichst konstant zu halten. Gas und Luft werden hierzu durch zwei gleichzeitig abschliessende Dichtungsflächen abgesperrt. Oeffnet sich das Ventil, so tritt das Gas durch kleine Schlitze, welche sich im cylindrischen Theil des Ventilkegels befinden, die Luft dagegen durch die am Umfang des Ventilkegels freiwerdende Ringfläche ein. Der Zünder ist am Deckel des Rückschlagventils angebracht und besteht aus einem leicht auswechselbaren, horizontalen Porzellanröhrchen 5, welches durch einen Bunsen'schen Brenner rothglühend erhalten wird, und dem Abschlussventil 7, welches zwischen das Glührohr und das Ventilgehäuse eingeschaltet ist. Dasselbe ist beim Ansaugen der Ladung geöffnet, so dass auch aus dem Glührohr die darin enthaltenen Verbrennungsrückstände abgesaugt werden und in demselben ein, der Ansaugespannung entsprechender Druck entsteht. Bei Beginn des Verdichtungshubes schliesst sich das Abschlussventil 7 wieder, und wird erst nach beendigter Kompression im todten Punkt wieder geöffnet, worauf vermöge des höheren Druckes im Cylinder eine kleine Menge der Ladung in das Glührohr einströmt und sich entzündet.

Die Steuerung des Zündventils 7 und Auslassventils 10, welche beiden Ventile, wie aus Fig. 80 zu ersehen ist, symmetrisch zur Cylinderachse nebeneinander liegen, erfolgt durch den auf der verlängerten Zwischenwelle befestigten Nocken 12, den Hebel 13, die Hilfswelle 17 und die beiden auf ihr befestigten Hebel 15 und 19, an welchen die Ventilstangen 14 und 20, erstere zur Bewegung des Auslassventils, letztere zum Niederdrücken des Zündventils angreifen. Während nun die Stange 14 gehoben wird, wenn der Nocken 12 die Rolle des Hebels 13 nach aussen bewegt, findet ein Niederdrücken der Stange 20 statt, wenn diese Rolle in der aus Figur 78 zu ersehenden Vertiefung des Nockens gleitet.

Der Regulator ist genau derselbe wie der in Fig. 77 abgebildete und wirkt auf das Auslassventil der Maschine.

Ueber den Gasverbrauch der neueren Körting'schen Motoren geben die in den letzten fünf Jahren mit diesen Motoren angestellten und in der folgenden Tabelle auszugsweise mitgetheilten Leistungsversuche Aufschluss.

Ergebnisse offizieller Prüfungen von Körting's Gasmotoren.

Nr.	Zeit der Versuche	Grösse des Motors in Pfkr.	Art des Motors	Ort der Prüfung und Name der prüfenden Sachverständigen	Gebremste Leistung in Pferdestärk.	Dazugehöriger Gasverbrauch i. Stunde u. Pfkr. in cbm.	Leergangs-Gasverbrauch in cbm
1	1888 Mai	1	stehend	Ausstellung Görlitz Prof. Lewicky	1,0544	0,986	—
2	1891 Oktober	2	stehend	Fabrik Hannover Prof. Müller	2,49	0,878	0,312
3	1890 November	3	stehend	Dauernde Gewerbeausstell. Leipzig — Kommission	4,1	0,750	—
4	1893 Septbr.	4	liegend Präcis.	Juwelier Schmedding Augsburg — Ing. Hain	5,69	0,700	—
5	1890 Juli	6	stehend	Fabrik Hannover Prof. Fischer	7,14	0,730	—
6	1891 Mai	6	stehend	Ausstellung Gothenburg Kommission	8,02 3,17	0,703 0,704	1,376 —
7	1892 Juli	8	liegend Klinkst.	Fabrik Körtingsdorf Prof. Frese	11,39	0,739	—
8	1892 April	10	liegend Präcis.	J. Strube, Braunschweig Ing. Keferstein	12,77 6,52	0,626 0,828	— 2,880
9	1892	10	liegend	Wasserwerk Verden	16,—	0,667	—
10	Septbr.	10	Klinkst.	Reg.-Baumeister Löwe	14,—	0,677	—
11	1890 Dezember	16	liegend Klinkst.	Fabrik Körtingsdorf Prof. Fischer	20,13	0,674	2,143
12	1891 August	16	liegend Präcis.	Elektr. Ausstell. Frankfurt Prof. Slaby u. Brauer	18,15	0,622	—
13	1891 Dezember	25	liegend Präcis.	Off. d. Dresd. Nachrichten Ing. Vogel, Masch. Schuster	30,47	0,669	—
14	1893 Oktober	35	liegend Präcis.	Elektr. Centrale Kaiserstr. Frankfurt Dr. Epstein	39,6 39,8 35,4	0,544 0,533 0,540	— — —
15	„	35			39,9 39,8 35,2 20,1	0,518 0,516 0,505 0,629	6.618 — — —

Bemerkungen der Firma zu vorstehenden Versuchen:

Zu Versuch 12. Die Zahlen sind seitens der Prüfenden auf 760 mm Barometerstand und 12° C. Gaswärme reduzirt. Bei einer Reduktion auf 0° und unter Hinweglassung des Zündflammengasverbrauchs würde der Gasverbrauch nur 0,594 cbm betragen.

Zu Versuch 14 und 15. Solche Zahlen sind bei Motoren gleicher Grösse bislang noch nie erreicht. Nicht allein, dass die Motoren bei voller Belastung ausserordentlich günstig arbeiten, ist insbesondere auch die Leistung bei halber Belastung und beim Leergang höchst beachtenswerth, besonders wenn man bedenkt, dass es sich hier um Präcisionsmotoren mit höchster Gleichförmigkeit des Ganges bei jeder Belastung handelt.

Sämmtliche Zahlen sind gefunden bei 18° C. Gaswärme. Das Gas war das normale der englischen Gasanstalt, welches nach Angabe derselben 4900—5000 W. E. für 1 cbm besitzt. Da der Sachverständige in seinem Protokolle auch die Zahlen unter Reduktion der Gaswärme auf 0°, aber unter Einschluss der Zündflamme, gegeben hat, so lassen wir auch diese zum Vergleich, was durch solches Vorgehen gewonnen wird, folgen:

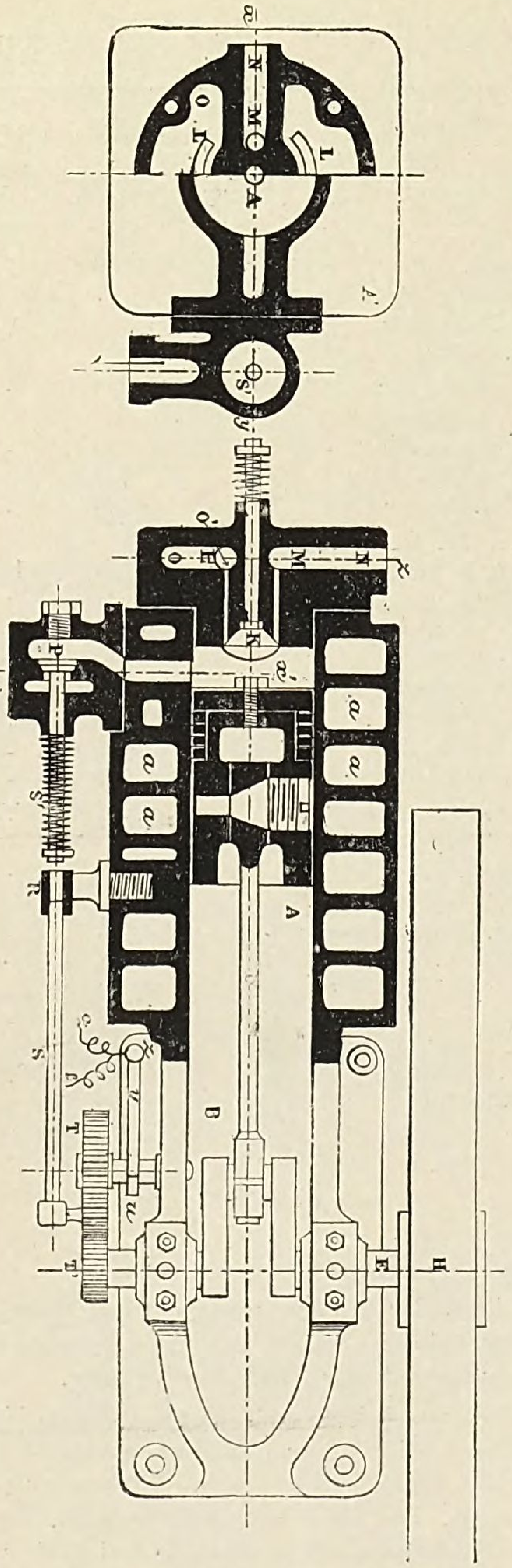


Fig. 82.

Fig. 83.

Maschine von Tenting (1887—1889). Dieser Motor ist zweifellos der einfachste aller bisher bekannten Motoren. Er besteht aus einem Cylinder A (Fig. 82 und 83), welcher mit dem den Mechanismus tragenden Gestelle aus einem Stück gegossen ist. Eine Pleuelstange D überträgt die Bewegung auf die Kurbelwelle E, welche am einen Ende das Schwungrad H und die Riemenscheibe trägt, und etwas höher als das Cylindermittel liegt. Der Zweck dieser Anordnung ist der, der Kurbel bereits eine gewisse Neigung zu geben, wenn der Kolben in seiner Endstellung ist und die Explosion erfolgt. In Folge dessen findet die letztere nicht im Todtpunkt der Kurbel und daher die Expansion rascher statt. Das Ansaugen der Ladung erfolgt selbstthätig. Zu diesem Zwecke befindet sich in der Hinterwand des Cylinders eine centrale Oeffnung, welche durch ein Ventil K abgeschlossen ist, dessen Stange ausserhalb des Cylinders durch eine Feder angezogen wird. Das Ventil verschliesst mehrere konzentrische Oeffnungen L und M (Fig. 82), deren letztere durch einen Kanal N mit der Gasleitung in Verbindung steht, während die anderen in eine Kammer O münden, welche durch den Kanal O′ mit der äusseren Luft verbunden ist. Beim Beginne des Hubes wird das Ventil K durch die Saugwirkung des Kolbens geöffnet und Gas und Luft in den Cylinder eingesaugt, während der Kompressions-, Arbeits- und Auspuffperiode je-

Versuch 14.

Leistung in PS.	Gasverbrauch p. Stunde u. eff. PS. in cbm
39,6	0,511
39,8	0,498
35,4	0,505

Versuch 15.

Leistung in PS.	Gasverbrauch p. Stunde u. eff. PS. in cbm
39,9	0,484
39,8	0,482
35,2	0,476
20,1	0,587
Leergang	6,181

doch durch den im Cylinder herrschenden Ueberdruck oder einen dem äusseren Luftdrucke gleichen Druck geschlossen gehalten. Das Auslassventil P wird durch eine Stange S bewegt, welche bei R geführt ist und durch das als Kurbelscheibe dienende Zahnrad T hin- und herbewegt wird, welches von dem auf der Antriebswelle sitzenden, halb so grossen Zahnrade T′ angetrieben wird. Die Zündung ist elektrisch. Der Funke wird durch Ableitung des durch zwei Doppelchromsäure-Elemente gelieferten Stromes erzeugt[1]). Zu diesem Zwecke ist der negative Pol der Spirale mit irgend einer Stelle der Maschine, der positive Pol mittelst des Drahtes α mit einem isolirten Metallcylinder z verbunden. Von letzterem führt ein Draht β zu der oberhalb des Verdichtungsraumes angebrachten, gleichfalls isolirten Zündvorrichtung. Eine am Cylinder z befestigte Blattfeder y schleift auf einer Scheibe u, welche auf der das grosse Zahnrad T tragenden Zwischenwelle befestigt ist. Diese Scheibe trägt an ihrem Umfange an einer Stelle einen aus Porzellan hergestellten, isolirten Zahn. Für gewöhnlich geht der

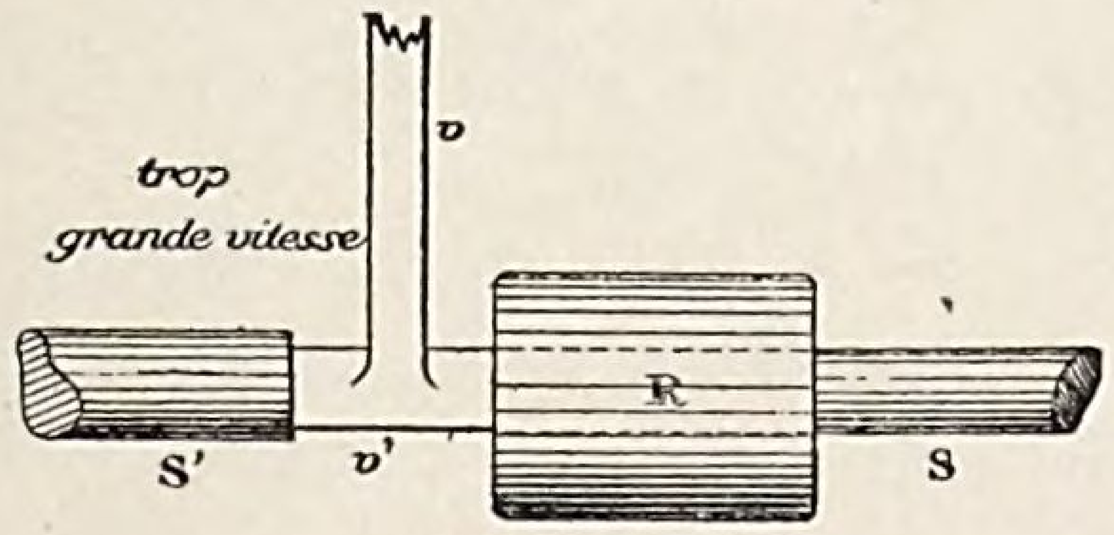


Fig. 84.

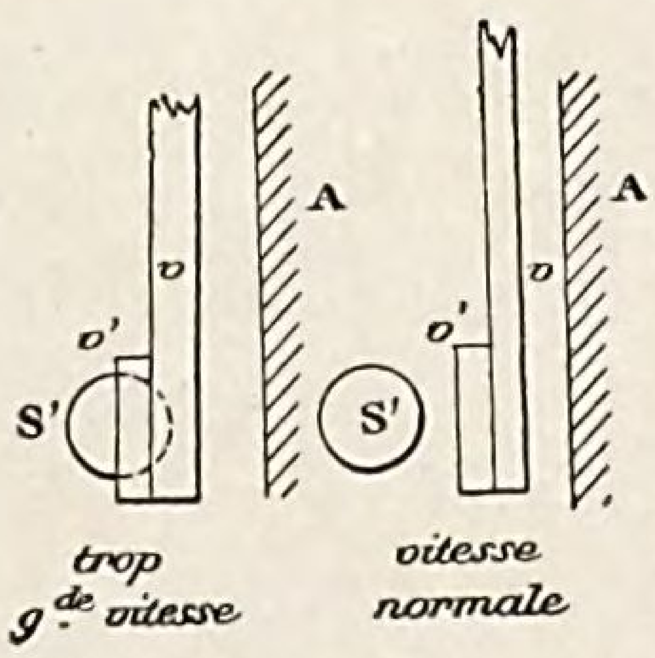


Fig. 85. Fig. 86.

Strom durch den Cylinder z, die Feder y, die Scheibe u, die Maschine und den dieselbe mit der Batterie verbindenden Draht zu letzterer zurück, während er im Momente der Zündung, da er durch den isolirten Zahn der Scheibe u aufgehalten ist, vom Cylinder z durch den Draht β zur Zündvorrichtung der Maschine geht, dort als Funken überspringt, die Zündung der Ladung bewirkt und durch die Maschine zur Batterie zurückkehrt.

Die Regulirung erfolgt durch Aussetzen der Ladung, indem das Auslassventil offen gehalten wird.

Der durch einen Riemen von der Kurbelwelle aus angetriebene Kugelregulator bewegt einen Hebel v (Figg. 84—86), welcher am unteren Ende eine Platte v′ trägt, deren Länge etwas grösser ist als der Abstand zwischen der Führung R und dem hinteren Ende der Auslassventilstange bei geschlossenem Auslassventil.

Bei normalem Gange der Maschine liegt der Hebel v an der äusseren Cylinderwand an (Fig. 86) und hat keine Einwirkung auf das Auslassventil.

1) Zum besseren Verständniss der Tenting'schen elektrischen Zündung sei auf die weiter unten folgende Beschreibung des Tenting'schen Petroleummotors verwiesen.

Steigt jedoch die Geschwindigkeit, so schiebt der Regulator den Hebel v in die in Fig. 85 gezeichnete Lage zwischen die Ventilstange S′ und die Führung R, hält dadurch das Auslassventil offen, wodurch das Ansaugen einer neuen Ladung solange verhindert wird, bis die Tourenzahl der Maschine wieder normal ist.

Die Kühlung wird bei Maschinen bis zu 4 PS. durch eigenartig angebrachte Kühlrippen bewirkt.

Der Cylinder A ist zu diesem Zwecke in einem Gehäuse A′ (Fig. 82) eingebaut, welches oben und unten offen und in verschiedene Abtheilungen a a eingetheilt ist. Das Ganze bildet mit dem Gestelle B ein einziges Gussstück (Figg. 82—83). Die Luft tritt hierbei von unten in die kammerartigen Abtheilungen ein, kühlt die Cylinderwände ab und zieht oben erwärmt ab. Eine Kühlung durch Wassercirkulation wird auf Wunsch auch angebracht.

Neuerdings ist die elektrische Zündung durch eine Glührohrzündung ersetzt worden. Dieselbe liegt an derselben Stelle wie die elektrische Zündung, und zwar in der obersten Stelle des Verdichtungsraumes, wodurch die Maschine von Tenting noch mehr vereinfacht ist.

Bei Maschinen über 4 PS. befindet sich zur Erleichterung des Anlassens über dem Auslassventil ein Hahn, durch dessen theilweises Oeffnen die Kompression im Cylinder verringert werden kann.

Es ist bedauerlich, dass die praktische Ausführung der Maschine von Tenting viel zu wünschen übrig lässt, da dieselbe sonst dank ihrer Einfachheit, ihrem geringen Preis und Gewicht einen grossen Erfolg hätte haben können.

Tabelle der liegenden eincylindrischen Tenting-Maschinen.

Leistung in eff. PS.		1/2	1	2	3	4	5	6	8	10
Abmessungen d. Maschine einschl. Schwungrad und Riemenscheibe in m	Länge	1,30	1,60	1,90	2,05	2,10	2,20	2,40	2,80	3,10
	Breite	0,50	0,60	0,70	0,70	0,80	0,80	0,90	1,00	1,00
Tourenzahl in der Minute		200	190	180	180	180	180	180	160	160
Ungefähres Gewicht		300	500	900	1000	1500	1650	2000	2300	2600

Die Erbauerin der Tenting-Maschine, die Firma Salomon & Tenting in Paris, giebt einen Gasverbrauch von 600—900 l für 1 effekt. PS. je nach der Grösse der Maschine, der Art des Gases u. s. w. an. Obwohl die Kompression über 4 kg/qcm steigt (wodurch die Zündung und der Gang sehr unruhig werden), muss namentlich die erstere dieser Zahlen in Anbetracht der mangelhaften Kühlung durch Kühlrippen und der schlechten Ausführung dieser Maschinen angezweifelt werden.

Maschine von Durand. Diese Maschine ist von Haus aus für einen Betrieb durch karburirte Luft bestimmt und wird weiter unten in dem Kapitel über diese Maschinen näher besprochen werden. Indessen arbeitet die-

selbe auch mit gewöhnlichem Leuchtgas befriedigend, in welchem Falle der Zerstäuber fehlt. Durand empfiehlt jedoch, denselben auch bei Gasmaschinen beizubehalten, weil hierdurch alle mit dem zuweilen vorkommenden vollständigen oder theilweisen Ausbleiben des Gases verbundenen Uebelstände vermieden werden. Da ferner die Leistung einer Gasmaschine grösser ist, wenn sie mit karburirter Luft als mit Gas betrieben wird, so kann man die Maschine mit ersterer betreiben, wenn eine grössere Leistung erfordert wird. Hervorzuheben ist, dass die Durand'sche Maschine, wenn der Zerstäuber beibehalten wird, sofort ohne irgend welche Abänderung mit jeder der beiden Gasarten betrieben werden kann.

Nach Angabe der Erbauer beträgt der Gasverbrauch ca. 750 l für 1 Stundenpferd. Allerdings liegen keine Versuche zur Bestätigung dieser Angabe vor, jedoch scheint dieselbe nicht übertrieben zu sein. Die Abmessungen, Gewichte u. s. w. der verschiedenen Durand'schen Maschinen sind aus der weiter unten bei den Durand'schen Benzinmotoren angegebenen Tabelle zu ersehen.

Maschine von Daimler. Dieselbe zeigt eine höcht eigenartige Konstruktion, vermöge deren sie für bestimmte Anwendungen der Gasmaschinen besonders geeignet erscheint. Zwei Typen derselben sind bisher hauptsächlich ausgeführt worden, die im Jahre 1885 erfundene Maschine mit einem Cylinder und die Zweicylindermaschine vom Jahre 1889. Beide beruhen auf demselben Prinzip und unterscheiden sich nur durch einige Einzelheiten der Konstruktion. Im Folgenden soll nur das Modell vom Jahre 1889 beschrieben werden, welches vor demjenigen vom Jahre 1885 viele Vorzüge voraus hat.

Der Erfinder hatte sich die Aufgabe gestellt, eine Gasmaschine zu bauen, welche bei mässigem Gasverbrauch, gleichmässigem und geräuschlosem Gang einfach, billig und vor allem leichter und kleiner als alle bisher bekannten Maschinen wäre.

Daimler hat diese schwierige Aufgabe grösstentheils gelöst.

Um zu seinem Ziele zu gelangen, nahm er sich vor, die Maschine mit möglichst grosser Geschwindigkeit laufen zu lassen, und sie durch ein, dank seiner Reinheit und starken Verdichtung sehr kräftiges Gasgemisch zu betreiben. Die Reinheit des Gemisches und der Gasreichthum desselben wurde durch vollständigen Auspuff der Verbrennungsprodukte erreicht, welches meist sehr schwierige Verfahren bei dieser Maschine in sehr einfacher Weise bewerkstelligt wird. Die in den Figg. 87 und 88 abgebildete Maschine besteht aus zwei gegen die vertikale Mittellinie leicht geneigten Cylindern, welche am oberen Ende eines cylindrischen Gehäuses angebracht sind, mit welchem sie durch ihre untere Verlängerung in Verbindung stehen. Das Gehäuse ist durch zwei Deckel luftdicht verschlossen, in welchen sich zwei Stopfbüchsen zur Aufnahme und Lagerung der Antriebswelle befinden. Im Innern des Gehäuses sind auf der Antriebswelle C zwei Kurbelscheiben D und D′ befestigt, welche zwischen sich und den Innenwänden des Gehäuses nur einen sehr

kleinen Spielraum lassen. Zwei an den Kolben F befestigte Pleuelstangen E E′ sind mit den beiden Kurbelscheiben in demselben Punkte G verbunden, welcher bei den Endstellungen der Kolben auf der Vertikalen zwischen beiden Cylindern liegt. Zwei am Fundamente festzuschraubende Füsse b und b′ dienen zur Befestigung der Maschine.

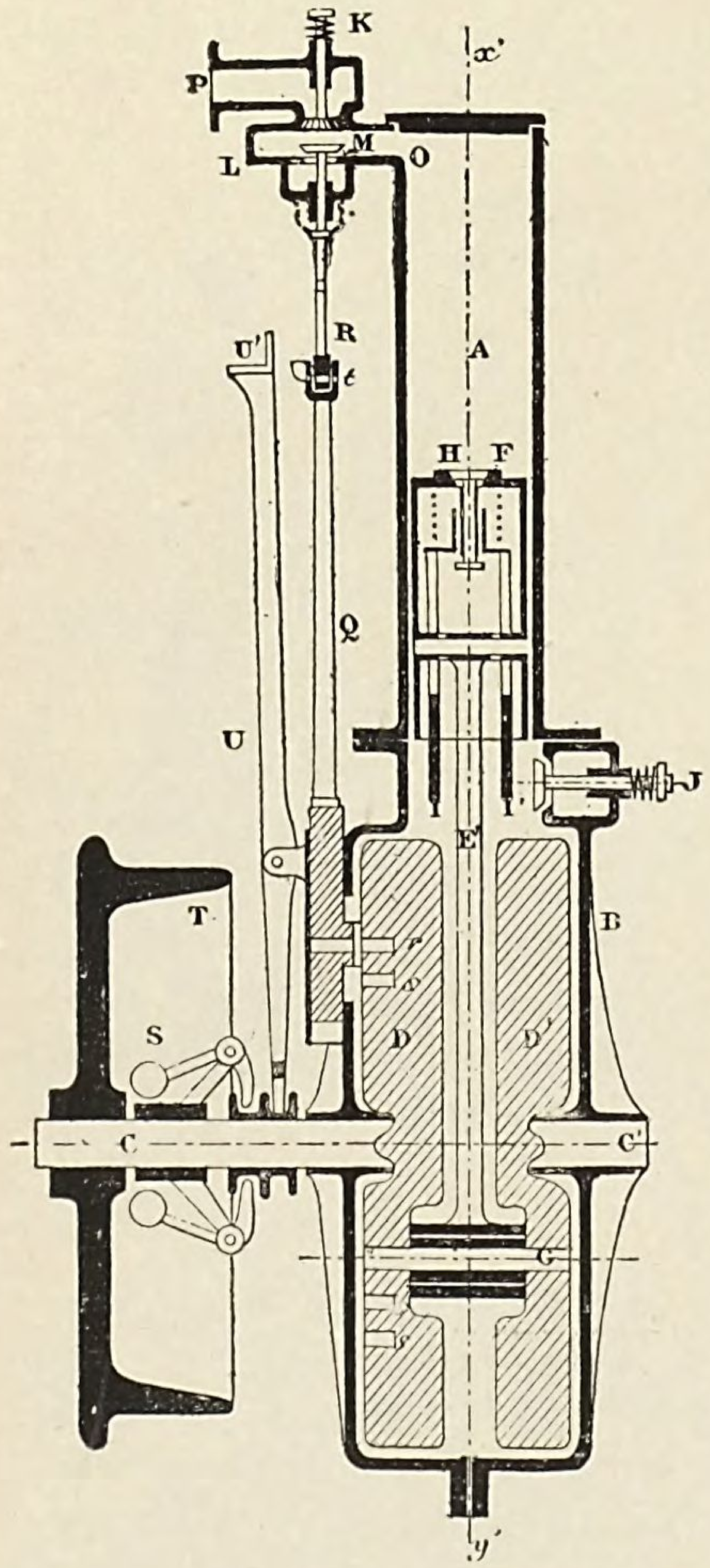


Fig. 87.

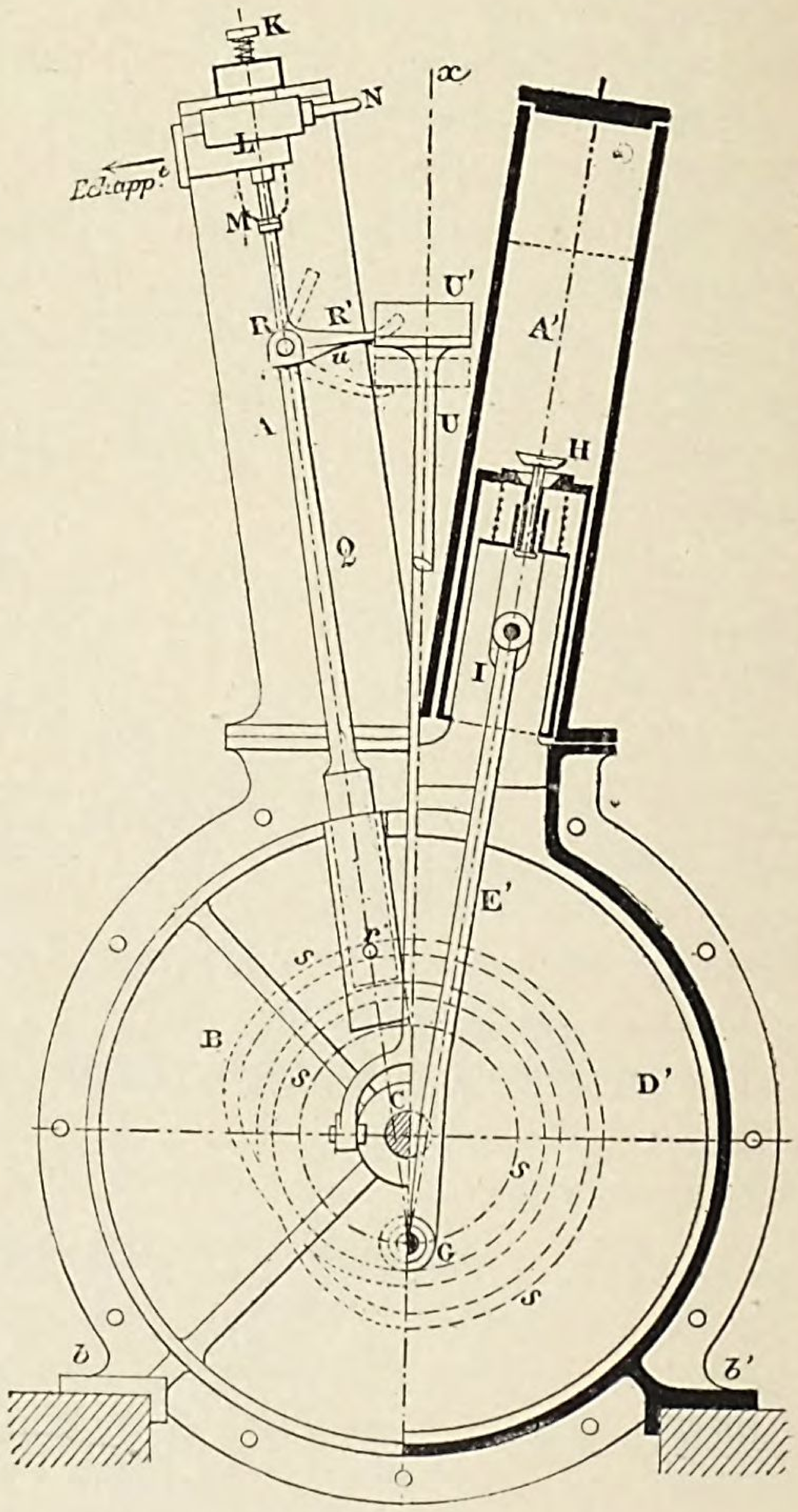


Fig. 88.

Die in vieler Hinsicht eigenartig konstruirte Maschine ist nach dem Hammersystem gebaut, und kommunizirt ihr luftdicht abgeschlossenes Gehäuse mit den Räumen unterhalb der Cylinder. Diese Anordnung hat den Zweck, die untere Hälfte der Cylinder als Kompressionspumpe und das Innere des Gehäuses als gemeinsames Reservoir zu benutzen. Die beiden Kolben enthalten je ein centrisch angebrachtes Ventil H, welches am Ende des Nieder-

ganges des Kolbens durch die beiden Gabeln II′ geöffnet wird. Das Gehäuse enthält gleichfalls ein Ventil J, welches sich von aussen nach innen öffnet.

Die Wirkungsweise dieser Ventile ist nun folgende. Ist der eine der beiden Cylinder in der Arbeitsperiode, der andere in der Saugperiode, so gehen beide Kolben nach unten und verdichten die unterhalb im Gehäuse enthaltene Luft. Hierbei saugt der Admissionscylinder beim Aushub seine Ladung an. Bei der Endstellung des Kolbens wird jedoch das im Kolben befindliche Ventil H durch die Gabeln II′ aufgestossen und aus dem Gehäuse eine Ladung komprimirter Luft in den Cylinder eingelassen, welche das entzündbare Gemisch zurückschiebt.

Im anderen Cylinder ist der Kolben nach erfolgter Explosion abwärts gegangen, wobei er den anderen Kolben mit herunterzieht. Am Ende des Hubes des Arbeitskolbens wird das Auspuffventil am oberen Ende des Cylinders geöffnet und zugleich durch das von den Gabeln II′ aufgestossene innere Ventil H reine Luft in den Arbeitscylinder geschafft, welche die Verbrennungsprodukte vor sich her treibt. Kehren beide Kolben in ihre Anfangslagen zurück, so sinkt der Druck im Gehäuse, das Ventil I öffnet sich und füllt den Raum unter dem Kolben wieder mit frischer Luft. Während dieser Zeit komprimirt der eine Kolben über sich das angesaugte Gasgemisch und die aus dem Gehäuse eingetretene Luft, während der andere die Verbrennungsprodukte und die unterhalb derselben befindliche reine Luft aus dem Cylinder entfernt.

Am Ende des Hubes befindet sich im Verdichtungsraum des einen Cylinders also nur noch reine Luft, während im anderen Cylinder das verdichtete Gemisch entzündet wird, worauf beide Kolben wieder nach unten gehen und die Vorgänge sich in derselben Reihenfolge von neuem wiederholen. Aus dem Gesagten folgt, dass die Verbrennungsprodukte durch reine Luft ausgetrieben werden und im Gegensatz zu den übrigen Maschinen der Gruppe A der zweiten Klasse der Verdichtungsraum keine Verbrennungsgase, sondern nur reine Luft enthält, welche sich mit der neuen Ladung mischt. Zur Ausführung der einzelnen Operationen dienen folgende Theile.

Das Einsaugen der Ladung erfolgt durch das Einlassventil K, welches an der oberen Seite eines auch das Auslassventil und die Zündvorrichtung enthaltenden Gehäuses L angebracht ist. Beim Beginn der Saugperiode öffnet sich das Ventil K und lässt Gas und Luft durch den Kanal O in den Cylinder einströmen.

Durch denselben Kanal, das Auslassventil M und das Auspuffrohr L, entweichen auch die Verbrennungsprodukte. Das Oeffnen des Auslassventils geschieht durch die Stange Q, welche am unteren Ende einen seitlichen Zapfen r trägt, der sich in einer in die Kurbelscheibe eingefrässten Nuth derartig bewegt, dass er erst nach zweimaliger Umdrehung der Kurbelscheibe in seine Anfangsstellung zurückkehrt. In Folge dessen bewegt die Stange Q das Auslassventil nur bei jeder zweiten Umdrehung der Maschine.

Die Zündung geschieht durch ein Glührohr N, welches an dem Gehäuse L befestigt ist und durch eine äussere Flamme in Gluth erhalten wird.

Diese Flamme und das Glührohr sind in einer gemeinsamen metallenen Kapsel angebracht, welche die Flamme vor dem Erlöschen etc. schützen, aber auch die Feuersgefahr verringern soll.

Die Regulirung erfolgt durch Aussetzung der Ladung unter Einwirkung auf die das Auslassventil bewegende Stange Q. Zu diesem Zwecke befindet sich am oberen Ende derselben ein Winkelhebel R, welcher um den Punkt t drehbar ist und dessen einer Arm durch die Feder u in der Richtung der Verlängerung von Q gehalten wird. Der auf der Antriebswelle zwischen der Riemenscheibe und dem Gehäuse befestigte Regulator wirkt auf den Hebel U, welchen er bei zunehmender Geschwindigkeit den Cylindern nähert. Hierbei trifft eine an seinem oberen Ende befestigte Schiene U′ auf den horizontalen Arm R′ der Stange Q. Geht die letztere nun nach oben, so dreht sich der Hebel RR′ um den Punkt t, geht daher an der Ventilstange des Auslassventils vorbei, sodass die im Cylinder enthaltenen Verbrennungsprodukte in demselben bleiben, und so lange keine neue Ladung angesaugt wird, bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder auf die normale Geschwindigkeit heruntergeht.

Eine Kühlung der Cylinderwände findet gar nicht, eine solche des Cylinderdeckels nur zuweilen statt. Das Anlassen geschieht mit Hilfe einer am rechten Ende C′ der Antriebswelle angebrachten Kurbel, welche entfernt wird, sobald die Maschine im Gange ist.

Für stärkere Maschinen empfiehlt es sich, das Anlassen durch Anheben einer der beiden Auslassventile von Hand zu erleichtern.

Die eincylindrischen Maschinen sind schwerer, grösser und von ungleichmässigerem Gange als die Zwillingsmaschinen. Die letzteren sind daher, obgleich etwas theuerer, den ersteren weit vorzuziehen.

Die Daimler-Motoren mit einem oder zwei Cylindern laufen mit sehr grosser Geschwindigkeit, welche je nach der Leistung zwischen 425 und 700 Touren in der Minute variirt. Der Gasverbrauch soll nach Angabe der Erbauer kleiner als 1000 l für 1 effektives Stundenpferd sein. Obgleich die Expansion unvollständig ist, scheint diese Zahl doch in Anbetracht des geringeren Einflusses der Cylinderwandungen in Folge des theilweisen Fortfalles des Kühlmantels und der grossen Geschwindigkeit der Maschine richtig zu sein. Die Gleichmässigkeit der Maschine ist, zumal bei den Maschinen mit zwei Cylindern, recht gross.

Die vorstehende Beschreibung zeigt die grosse Einfachheit dieser Maschinen, während aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht, dass die Grösse und daher auch das Gewicht dieser Maschinen verhältnissmässig gering ist.

Ein Vorwurf, der den Daimler'schen Motoren jedoch gemacht werden kann, ist die etwas zerbrechliche Konstruktion in Folge der kleinen Dimen-

sionen der einzelnen Theile, sowie die Schwierigkeit der Ueberwachung und Unterhaltung der in den Kolben liegenden Ventile und endlich ein ziemlich geräuschvoller Gang in Folge der grossen Geschwindigkeit, mit welchen diese Motoren laufen. Seit der Erfindung der Gasmaschinen ist man immer bestrebt gewesen, den Gasverbrauch zu reduziren, selbst auf Kosten des Raumbedarfes und des Gewichtes der Maschinen. Diese letzteren beiden Faktoren spielen jedoch in gewissen Fällen eine sehr wichtige Rolle und kann für diese Fälle der Daimler'sche Motor treffliche Dienste leisten. Ausserdem findet er auch dort mit Vortheil Anwendung, wo eine grosse Geschwindigkeit oder eine vollkommene Sicherung der wichtigsten Theile gefordert wird.

Die folgende Tabelle giebt die Hauptabmessungen der von der Firma Panhard & Levassor in Paris gebauten Daimler-Gasmotoren.

Tabelle der stehenden Ein- oder Zweicylinder-Motoren von Daimler.

Leistung in eff. PS.		Maschinen mit 1 Cylindern					Maschinen m. 2 Cylindern				
		1/2	1	2	3	4	1	2	4	6	8
Abmessungen in m	Länge	0,36	0,45	0,60	0,65	0,70	0,36	0,45	0,60	0,65	0,70
	Breite	0,30	0,45	0,55	0,60	0,70	0,36	0,45	0,55	0,60	0,70
	Höhe	0,72	0,90	1,15	1,45	1,65	0,72	0,90	1,15	1,45	1,65
Tourenzahl in der Minute		700	550	450	425	425	700	550	450	425	425

Maschine von Charon, genannt die „Unvergleichliche“[1]). Diese im Jahre 1888 erfundene Maschine zeigt im Aeusseren viele Aehnlichkeit mit dem Otto'schen Motor, indessen fehlt der Schieber und wird der Ein- und Auslass der Gase etc. durch Ventile, die Zündung dagegen elektrisch bewirkt. Die Bewegung des Kolbens wird vermittelst eines Kreuzkopfes und Kolbens auf die gekröpfte Kurbelwelle übertragen, welche ein Schwungrad und eine Antriebscheibe trägt. Die Steuerungsorgane, sowie die zur Zündung, Regulirung und Schmierung dienenden Vorrichtungen werden alle von der Welle C aus betrieben (Figg. 89 und 91), welche parallel zur Cylinderachse liegt, sich halb so oft als die Kurbelwelle umdreht und von letzterer durch zwei ungleiche Kegelräder angetrieben wird. Am hinteren Ende des Cylinders A befindet sich die mit ihm in Verbindung stehende Kammer F mit dem Ventil K und der Zündung H. Der Sitz dieses Ventils hat eine centrale Oeffnung, welche mit einem am unteren Ende offenen, schlangenförmigen Rohr S (Fig. 91) in Verbindung steht, das in dem gusseisernen Gefäss G liegt und als Saugtopf dient. Rings um die innere Oeffnung des Ventils K liegen radial angeordnete, schräge Kanäle, welche mit dem Gaszuleitungsrohre I und dem Gasventil J in Verbindung stehen, das einen mit Zeiger und Theil-

1) L'incomparable.

scheibe versehenen Hahn besitzt. Unter dem Hahn befindet sich eine Kammer, auf deren mit kleinen Löchern versehenem Boden ein Schieber gleitet, welcher bei seiner Verschiebung die Löcher frei giebt und das Gas hindurchströmen lässt. Dieser kleine Schieber wird von aussen durch eine Stange P, diese letztere wieder durch den Nocken L und den Doppelhebel Q Q′ bewegt. Das Einlassventil K und Auslassventil T werden durch zwei Hebel U und U′ geöffnet, welche auf einer durch die beiden Nocken M und X, die Stangen y y′ den Hebel A′ bewegten, schwingenden Welle V (Figur 91) sitzen.

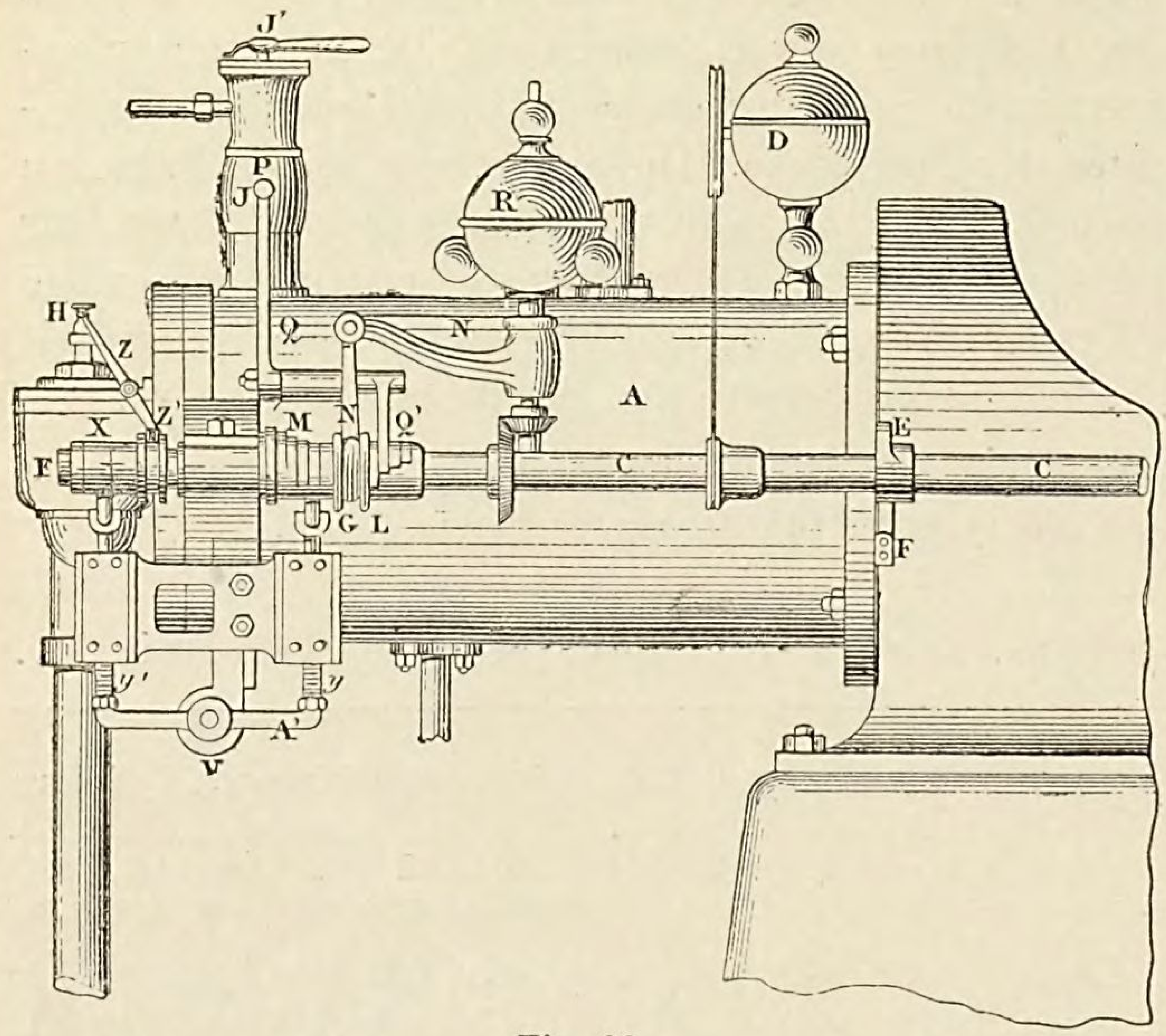


Fig. 89.

Die Zündung geschieht, wie bereits erwähnt, elektrisch. Der Funke springt zwischen den Spitzen eines Zünders über, wenn ein Hebel z, welcher

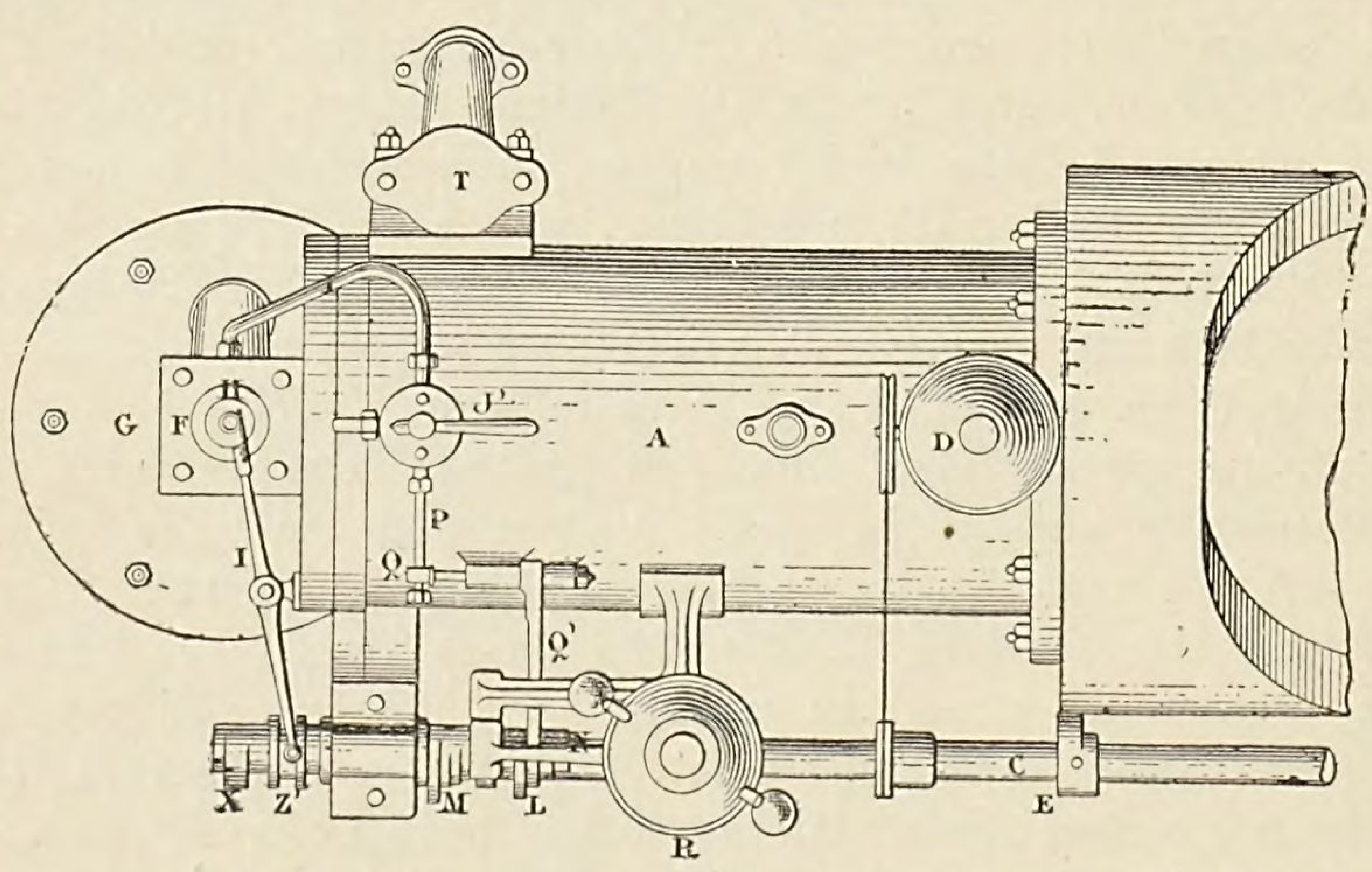


Fig. 90.

vom Nocken z′ bewegt wird, ausser Berührung mit dem Knopfe H kommt. In diesem Augenblicke ist der bei A eintretende, elektrische Strom, welcher

sonst durch den Hebel z und die Maschine zurückkehrt, hieran verhindert und muss daher den Weg durch den Zünder nehmen, um zur Batterie zurückzukehren. Die Zündung findet ein wenig vor beendetem Rückgange des Kolbens statt, damit die Explosion gerade bei Beginn des neuen Ausganges des Kolbens beendigt ist. Beim Anlassen könnte es indessen vorkommen, dass die Maschine durch zu frühes Zünden im entgegengesetzten Sinne umliefe. Um dies zu vermeiden, verzögert man das Ueberspringen des Funkens, indem man den Hebel z durch einen zweiten, kleineren Hebel verschiebt.

Neuerdings hat Charon, um den elektrischen Strom, so lange er nicht nöthig ist, d. h. also ausser im Momente der Zündung, nicht zu schliessen und dadurch die Abnutzung der Batterie zu verringern, in den Weg des Stromes einen Umschalter eingefügt, welcher durch den auf der Welle C befestigten Nocken E (Figuren 89 und 90) und die mit dem positiven Pol der Batterie verbundene, isolirte Feder F gebildet wird. Im Moment der Zündung berührt der Nocken die Feder, worauf der Strom durch den Zünder geht und der Funke überspringt. Diese letztere Anordnung macht somit die erstere überflüssig.

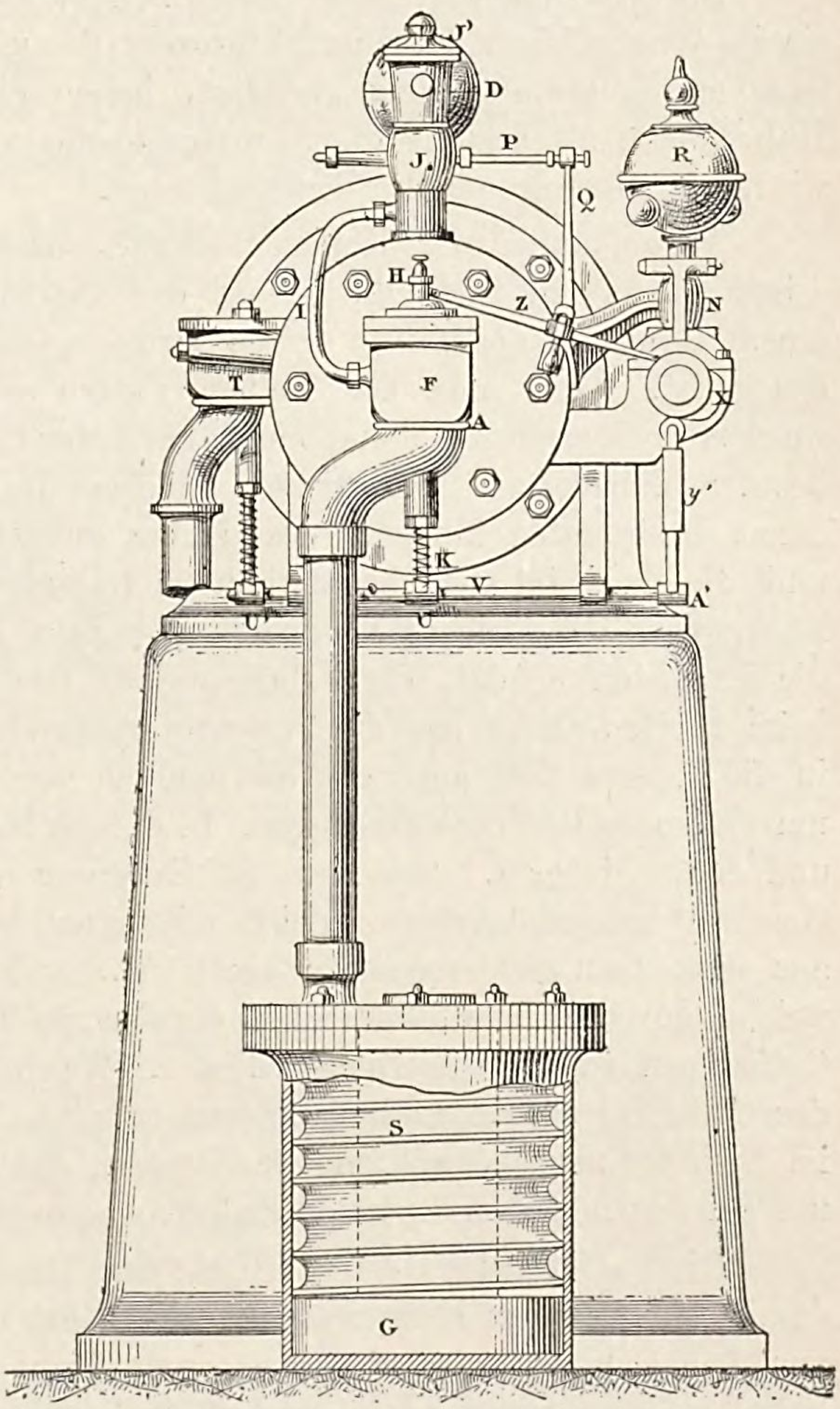


Fig. 91.

Die Kühlung geschieht durch Wassercirkulation.

Zur Schmierung dient ein selbstthätiger Schmierapparat D, welcher von der Welle C durch zwei Schnurscheiben und eine Schnur angetrieben wird. Dieser nach dem Vorbilde des Otto'schen Apparates gebaute Apparat besteht aus einem Oelbehälter, in dessen oberer Hälfte sich eine kleine Welle dreht, welche eine senkrecht zur Mittelachse gerichtete Stange trägt. Im Mittelpunkte des Oelbehälters befindet sich ferner ein stehendes, mit dem

Cylinder verbundenes und über dem Oele hervorragendes Rohr, in welches ein kleines Metallstäbchen hineinragt. Indem nun die erstere Stange sich dreht und in das Oel eintaucht, nimmt es einen Tropfen Oel mit, den es an der zweiten Stange bei der Berührung abstreicht. Das Oel fliesst an dieser Stange bis über das stehende Röhrchen und von da in den Cylinder.

Die Wirkungsweise der Charon'schen Maschine ist folgende. Während sie im Wesentlichen den Viertaktprozess Beau de Rochas' ausführt, ist die Saugperiode etwas anders gestaltet, indem ein kleineres Volumen als das Hubvolumen als Ladung dient, wodurch eine vergrösserte Expansion erreicht wird, wie die folgende Betrachtung lehrt.

Angenommen der Kolben befände sich nach erfolgtem Ansaugen in seiner äussersten Stellung, so ist der Cylinder in diesem Augenblick mit einem Gemisch angefüllt, dessen Druck genau gleich dem äusseren Luftdruck ist. Geht nun der Kolben wieder zurück, so lässt das Ventil K, welches noch geöffnet bleibt, einen Theil der Ladung wieder in das Saugrohr bezw. Schlangenrohr S austreten, welcher die Luft vor sich hertreibt. In einem bestimmten Moment des Hubes schliesst sich jedoch das Ventil K und die noch im Cylinder enthaltene Ladung wird nun bis zum Ende des Rückganges des Kolbens komprimirt, worauf durch die elektrische Zündung die Explosion erfolgt, die Arbeitsperiode vor sich geht, die Kolben sodann beim zweiten Rückgange die Verbrennungsprodukte durch das Auspuffventil T in die äussere Luft austreibt und endlich von neuem seinen Aushub beginnt, um eine neue Ladung anzusaugen. In diesem Momente öffnet sich das Ventil K und der Schieber I. Das noch im Saugrohr bezw. Schlangenrohr enthaltene Gemisch kommt hierbei zugleich mit einer bestimmten Luftmenge, welche aus demselben Schlangenrohr einströmt, und einer bestimmten Gasmenge, welche durch die im Ventilsitze des Ventils K gelegenen kleinen, radialen Oeffnungen einströmt, in den Cylinder. Während also eine dem Hubvolumen des Cylinders gleiche Ladung angesaugt wird, bleibt nur ein Theil derselben im Cylinder zurück, während der Rest in das Schlangenrohr getrieben wird, um bei der nächsten Ladung wieder angesaugt zu werden.

Hierzu ist jedoch erforderlich, dass das Schlangenrohr lang genug ist, damit während der Kompressionsperiode und der folgenden Saugperiode der aus dem Cylinder wieder ausgestossene Theil der Ladung nicht Zeit genug hat, durch das untere, mit der Luft in Verbindung stehende Ende des Rohres zu entweichen.

Die Regulirung wird hierbei durch Veränderung des Ladungsvolumens bezw. Veränderung des Kolbenweges bewirkt, während dessen das Ausstossen der Ladung in das Schlangenrohr stattfindet. Auf diese Weise erhält man im Cylinder eine veränderliche und dem jeweiligen Kraftbedarf angepasste Ladung.

Zu diesem Zwecke hat der auf das Saugventil wirkende Nocken eine veränderliche Breite, um hierdurch das Saugventil während einer je nach

der Geschwindigkeit der Maschine veränderlichen Zeit für das Wiederausstossen der Ladung offen zu halten. Da jedoch auch die angesaugte Gasmenge mit der Geschwindigkeit veränderlich sein muss, so ist der den Gasschieber I′ bewegende Nocken gleichfalls von veränderlicher Breite und hat genau dieselbe Form wie der Nocken M. Diese beiden Nocken L und M bestehen mit der Hülse G aus einem Stück, welche durch Vermittelung einer Gabel und eines Winkelhebels N der Einwirkung eines Cosinus'schen Regulators R unterworfen ist. In Folge dessen können die Nocken L und M auf der Welle C, an deren Umdrehung sie theilnehmen, entsprechend der Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit verschoben werden.

Wie bereits früher bemerkt wurde, ist die Methode der Regulirung durch Veränderung der Ladungsmenge eine der besten, indessen besitzt sie im vorliegenden Falle zwei Fehler, welche ihren Grund in der Veränderung des Gasreichthums der Ladung und der Veränderung der Kompression haben. Da der Verdichtungsraum konstanten Inhalt hat, das zu komprimirende Gemisch aber veränderlich ist, so wird die Ladung um so gasreicher und um so stärker verdichtet sein, je grösser das im Cylinder zurückbehaltene Volumen oder je kleiner die Geschwindigkeit war. Beachtet man jedoch, dass der Verdichtungsraum verhältnissmässig klein und die Gleichmässigkeit im Allgemeinen ziemlich gross ist, so büssen die erwähnten Uebelstände hierdurch an Einfluss ein. Findet der Abschluss des Saugventils K zwischen $^2/_5$ und $^4/_5$ des Rückhubes statt, so variirt hierbei der Kompressionsenddruck zwischen 4 und 2 kg/qcm, bleibt mithin immer noch innerhalb gewohnter Grenzen.

Der Charon'sche Motor hat gegenüber dem Otto'schen den Nachtheil, dass immer eine bestimmte explosible Menge aufgespeichert ist, und durch das Austreiben eines Theiles der Ladung in das Schlangenrohr ein gewisser Gegendruck erzeugt wird. Ausserdem ist er ziemlich komplizirt, erfordert sehr sorgsame Wartung und bedarf langer Zeit zum Anlassen. Der letztere Nachtheil hat seinen Grund in dem Umstande, dass man die Luft des Schlangenrohres durch ein brennbares Gemisch ersetzen muss, ehe man den Motor anlassen kann. Im Gegensatze hierzu ist jedoch sein Gang recht gleichmässig und sein Betrieb billig.

Ein von A. Witz im Jahre 1888 untersuchter Charon'scher Motor hat beachtenswerthe Resultate ergeben. Die Versuche erstreckten sich auf eine Maschine, welche etwas mehr als 4 effekt. PS. ergab. Der Cylinderdurchmesser desselben betrug 180 mm, der Kolbenhub 360 mm, der Durchmesser des Schwungrades 1,650 m und die Tourenzahl 166 in der Minute. Ein zur Kühlung ausreichendes Reservoir von 200 l Inhalt ergab den bemerkenswerthen, vom Kühlwasser abgeleiteten Wärmeverlust von nur 19%. Die Temperatur der Abgase betrug 245° C. und der Gasverbrauch nicht mehr als 550 l für 1 effektives Stundenpferd ohne Zündung (bezogen auf 0° und 760 mm). Die Gleichmässigkeit des Ganges war vortrefflich. Der Kompres-

sionsdruck betrug 4 kg/qcm, während der Enddruck der Explosion 9 kg/qcm überstieg. Wie bereits oben bemerkt, muss ein Motor mit weitgeführter Expansion, welche durch den Regulator veränderlich gemacht werden kann, einen sparsamen und gleichmässigen Betrieb ergeben, wie dies der unter solchen Bedingungen arbeitende Charon-Motor auch bestätigt.

Der Verfasser hat an Charon-Motoren neuerdings eine Reihe interessanter Versuche vorgenommen, über welche er in den Comptes rendues de la Société technique de l'industrie du gaz en France (Jahrgang 1891) berichtet[1]).

Die erste Versuchsreihe wurde mit einem 6pferdigen Charon-Motor in der Fabrik von Delizy et Brassart in Paris am 15., 23. und 30. Mai 1891 ausgeführt und ergab folgende Werthe:

Datum	Versuch-Nr.	Bremsgewicht kg	Versuchsdauer, Min.	Mittl. Tourenzahl in der Minute	Bremsleistung in PS.	Beobachteter Gasverbrauch während des Versuchs, l	Stündlicher Gasverbrauch l	Gasverbrauch für 1 eff. St.-PS., l	Bemerkungen
15. Mai 1891	1	43,5	1	150	8,24	75	4500	546	Maxim. Leistung, ungenauer Versuch
	2	31,5	10	158,28	6,38	660	3960	620	Normale Leistung
	3	32,8	20	157,2	6,60	1270	3810	577	
23. Mai 1891	1	32,5	18	158	6,57	1200	4000	608	Normale Ladung und Leistung
	2	32,5	30	157	6,53	1960	3920	600	
	3	21,0	30	158	4,25	1455	2910	685	
	4	21,0	15	166	4,46	735	2940	659	
	5	32,25	15	160	6,61	1020	4080	617	
	6	0,00	15	164	0,00	550	2200	—	Leerlauf
23. Mai 1891	1	0,00	16	156,4	0,00	715	2681	—	Leerlauf (ungünst. Verhältniss)
	2	0,00	5	164	0,00	180	2160	—	Leerlauf
	3	0,00	5		0,00	185	2220	—	
	4	9,5	10	166	2,02	425	2550	1262	Gasreiche Ladung
	5	14,25	10	165	2,81		—	908	Zieml. gasreiche Ladung
	6	19,0	10	160	3,89	490	2940	756	Normale Ladung
	7	28,25	10	158	5,71	610	3660	642	
	8	37,0	10		7,48	730	4380	586	

Ordnet man die Versuche nach zunehmender Leistung, so erhält man folgende Tabelle:

1) Résultats d'essais faits sur un moteur à gaz L. Charon (Force 6 ch.) par G. Chauveau. Paris 1891.

Brems-leistung in PS.	Tourenzahl in der Minute	Gesammt-Gasverbrauch in l pro Std.	Gasverbrauch für 1 eff. St.-PS. in l
0,00	156,4	2681	—
0,00	164	2220	—
0,00		2220	—
0,00		2160	—
2,02	166	2550	1262
2,81	165	2550	908
3,89	160	2940	756
4,25	158	2910	685
4,46	166	2940	659
5,71	158	3660	642
6,38	158,28	3960	620
6,53	157	3920	600
6,57	158	4000	608
6,60	157,2	3810	577
6,61	160	4080	617
7,48	158	4380	586
8,24	150	4500	546

Aus der ersten Tabelle geht hervor, dass der Gasverbrauch für den Leerlauf i. Mittel. 2300 l beträgt, für die normale Leistung von 6 eff. PS. dagegen sich durch Interpolation aus den Versuchen Nr. 2 und 3 vom 15. Mai, Nr. 1, 2 und 5 vom 23. Mai und Nr. 7 vom 30. Mai folgendermassen berechnet:

Für die mittlere Leistung von

$$\frac{6{,}38 + 6{,}60 + 6{,}57 + 6{,}53 + 6{,}61}{5} = 6{,}54 \text{ eff. PS.}$$

beträgt der mittlere Gasverbrauch

$$\frac{620 + 577 + 608 + 600 + 617}{5} = 604{,}4 \text{ l},$$

während er bei 5,71 eff. PS. 642 l beträgt.

Hieraus folgt der Gasverbrauch für 6 eff. PS. zu 628,9 l oder rd. 629 l.

Der auf 1 eff. PS. der normalen Leistung reduzirte Leerlaufsgasverbrauch berechnet sich daraus zu $\frac{2300}{6} = 383{,}3$ l.

Eine zweite, gleichfalls von Chauveau mit einem 4pferdigen Charon-Motor im September 1891 in der Werkstatt der Société des Moteurs à gaz français in Paris angestellte Versuchsreihe ergab folgende Hauptresultate[1]):

1) Portef. éconon. des machines. Dec. 1891.

Betrieb	Leistung in eff. PS.	Mittlere Tourenzahl i. d. Minute	Gasverbrauch beobachtet im Versuchsraum		Gasverbrauch Bezogen auf 760 mm und 15° C.	
			stündl. in l	für 1 eff. St.-PS. in l	stündl. in l	für 1 eff. St.-PS. in l
Leerlauf	0,00	170,8	1400	—	1370	—
Halbe Leistung	2,05	163	1791	875	1753	856
Normale „	4,01	159,5	2388	596	2334	582
Grösste „	4,83	157,1	2806	582	2764	573

Der Leerlaufsgasverbrauch, bezogen auf 1 eff. PS. der normalen Leistung berechnet sich daraus zu $\frac{1400}{4} = 350$ l bezw. $\frac{1370}{4} = 342{,}5$ l.

Die Druckschwankungen in der Maschine bei den verschiedenen Leistungen und Füllungen bewegten sich für den Explosionsdruck zwischen 5,6 kg/qcm und 19,2 kg/qcm, für den Enddruck der Expansion zwischen 0,4 kg/qcm und 1,25 kg/qcm, für den Kompressionsdruck zwischen 2,40 kg/qcm und 5,60 kg/qcm.

Der maschinelle Wirkungsgrad betrug mehr als 0,75, der Kühlwasserverbrauch im Mittel 20 l für 1 eff. St.-PS., und sank bei der Maximalleistung sogar auf 13 l für 1 eff. St.-PS., welche Werthe als sehr günstig bezeichnet werden müssen.

Der Charon-Motor wird von den Firmen Daix in St. Quentin und Charon & Co. in Solre-le-Chateau (Nord) gebaut.

Tabelle der eincylindrischen, liegenden Charon-Motoren.

Nominelle Leistung in PS.	Abmessungen des Motors in m: Länge einschliesslich Schwungrad	Breite einschliesslich Schwungrad u. Riemensch.	Höhe einschliesslich Schwungrad	Durchmesser des Schwungrades	Tourenzahl in der Minute	Gewicht des Motors einschliesslich des Sockels
1/2	1,90	0,80	1,20	1,00	200	1000
1	2,20	0,95	1,50	1,30		1200
2	2.65	1,10	1,60	1,50	180	1400
4	3,10	1,20	1,70	1,80	160	2200
6	3,60	1,30	1,85	1,90		3200
8	3,80	1,40	1,85	2,00		3500
10	4,00	1,50	1,95	2,10		3800

Maschine von Atkinson. Im Folgenden soll nur die letzte Maschine dieses Erfinders besprochen werden, welche im Jahre 1888 gebaut ist. Atkinson

hat eine ganze Reihe von Maschinen gebaut, deren Zweck stets der war, die Expansion so weit als möglich bis auf atmosphärischen Druck auszudehnen, welchen Zweck er auf eine sehr geistreiche Weise, jedoch mit Hilfe von sehr komplizirten Mechanismen auch erreicht hat. Seine Maschine hat hierbei auch befriedigende Resultate bezüglich des Gasverbrauches ergeben und sich trotz ihres geringen Alters in England, ihrem Heimathslande, schon grosse Beliebtheit errungen.

Der Kreisprozess der Atkinson'schen Maschine ist ein Viertakt, indessen entspricht, wie das Diagramm (Fig. 92) zeigt, jeder einzelnen Periode ein anderer Kolbenhub. Der Kolben befindet sich zu Anfang der Saugperiode am hinteren Cylinderende in a, geht hierauf nach vorwärts und saugt die

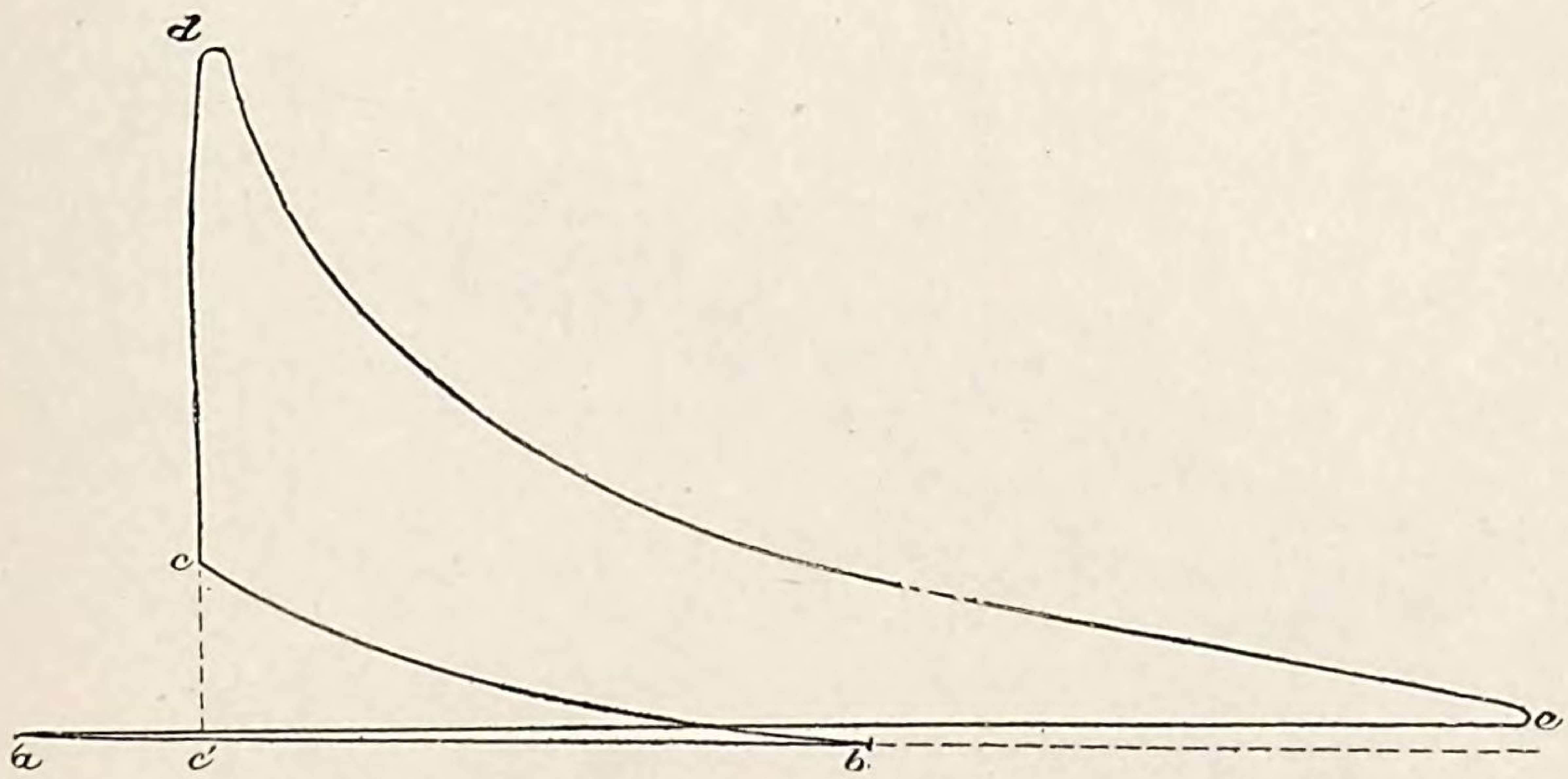


Fig. 92.

Ladung ein. In b angekommen, welcher Punkt ungefähr auf der Mitte der Strecke ae liegt, kehrt der Kolben um und verdichtet das Gemisch bis zum Punkte c′, indem er hinter sich den Verdichtungsraum c′a abschliesst, da der Kolbenhub während der Kompression nur etwa $^4/_5$ des Kolbenhubes während des Ansaugens ist. Im Punkte c′ findet die Explosion statt, nach welcher die Arbeitsperiode während des Hubes cde folgt, wobei die Linie cd die Explosionskurve, und de die Expansionskurve ist. Der Auspuff findet hierauf auf dem ganzen Hube von e nach a statt, bis alle Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder entfernt sind. Hierdurch wird die Schwächung der neuen Ladung verhindert und die Schnelligkeit der Explosion vergrössert.

Alle diese verschiedenen Kolbenhübe werden durch einen sinnreichen Mechanismus ermöglicht, welcher die Verbindung zwischen der Kolbenstange und der Kurbelwelle herstellt. Dieser Mechanismus hat die Eigenthümlich-

keit, dass das Schwungrad während der vier Kolbenhübe oder bei jeder Explosion nur eine einzige Umdrehung ausführt.

Der Atkinson-Motor ist in Fig. 93 im Längsschnitt dargestellt. Wie sofort ersichtlich ist, zeigt derselbe eine von den gewöhnlichen Gasmaschinen vollkommen abweichende Form.

Wie bei der Mehrzahl der letzteren ist freilich auch hier der Cylinder freitragend am Gestelle B befestigt, indessen ist das letztere wesentlich über-

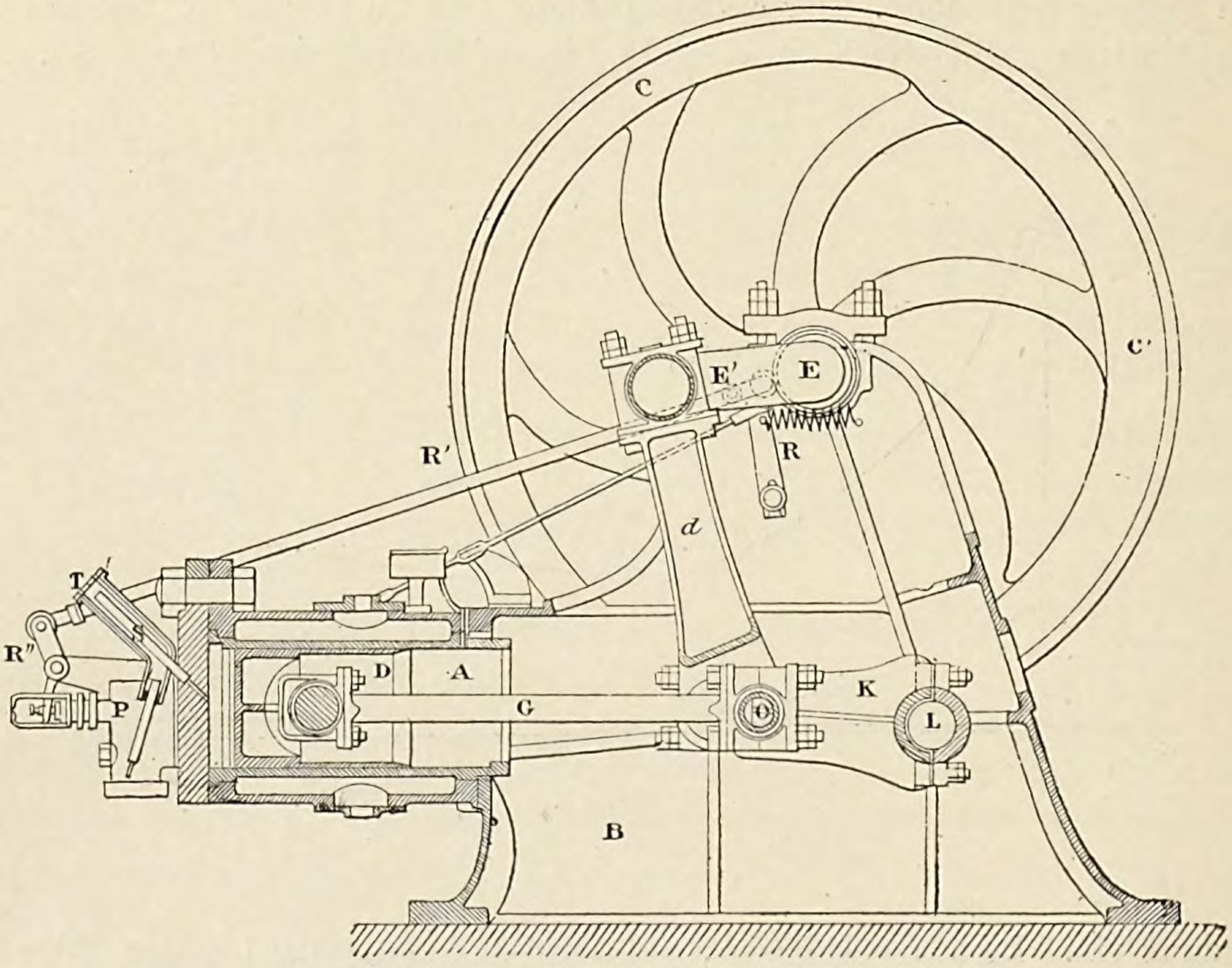


Fig. 93.

höht, um die Kurbelwelle aufzunehmen, welche zwei mit Gegengewichten C' versehene schwere Schwungräder C trägt, deren Zweck später erläutert werden wird.

Die vier schematigen Figuren 94—97 zeigen die Wirkungsweise des eigenartigen Mechanismus. Im horizontalen Cylinder A bewegt sich der Kolben D, welcher seine Bewegung vermittelst der Pleuelstange G auf eine, am vorderen Ende I des um den Mittelpunkt L schwingenden Hebels K befestigte, kleine Kurbel H überträgt. In der Mitte dieser Kurbel und senkrecht zu ihr ist eine Stange M befestigt, deren anderes Ende an der gekröpften Welle E angreift.

Die Figuren zeigen, dass diese Verbindung zwischen dem Kolben D und der gekröpften Welle E die Haupteigenthümlichkeit des Atkinson'schen Motors ist.

Fig. 94 zeigt den Kolben am hinteren Ende des Cylinders in dem Augenblick, wo er nach erfolgtem Austreiben der Verbrennungsprodukte

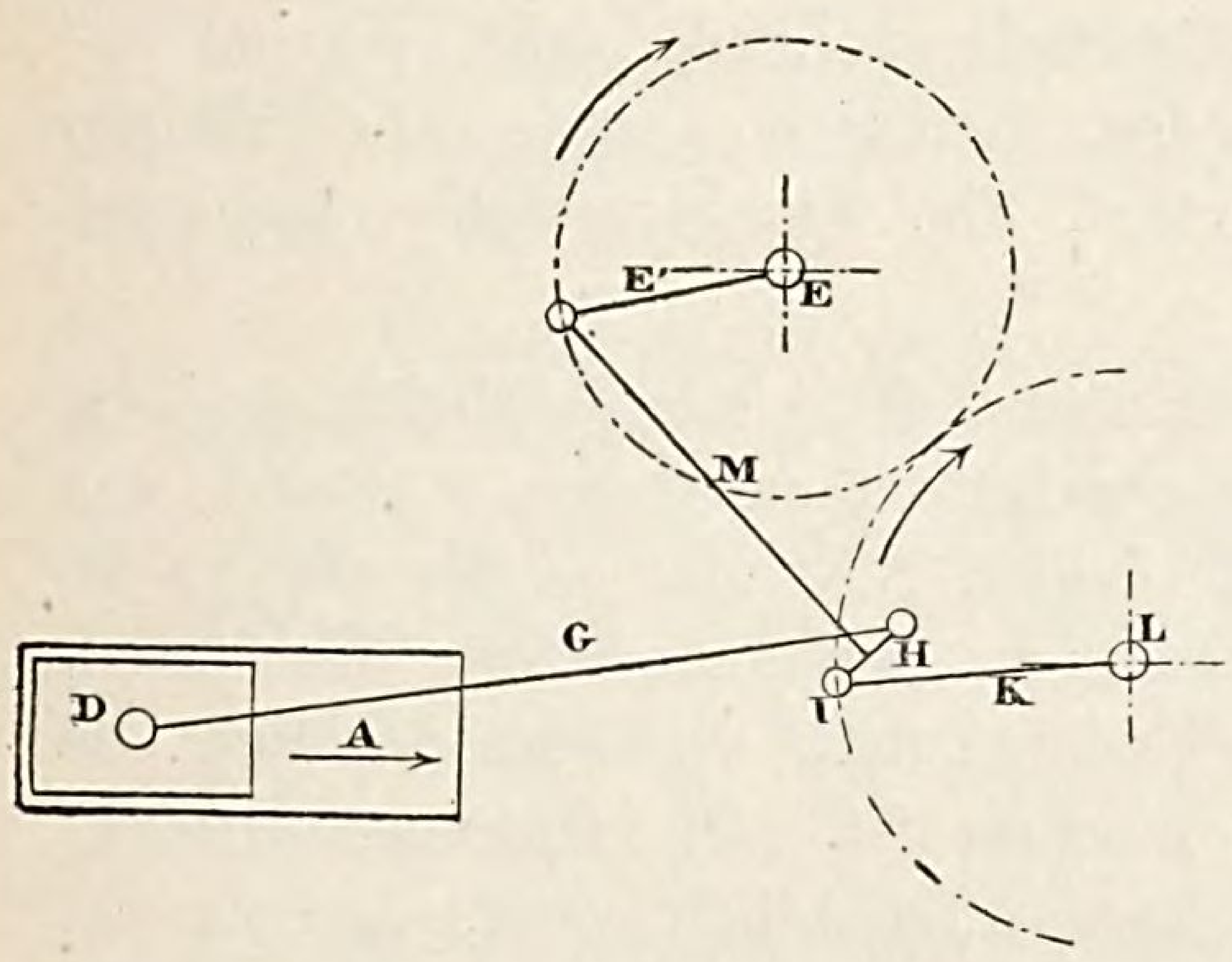


Fig. 94.

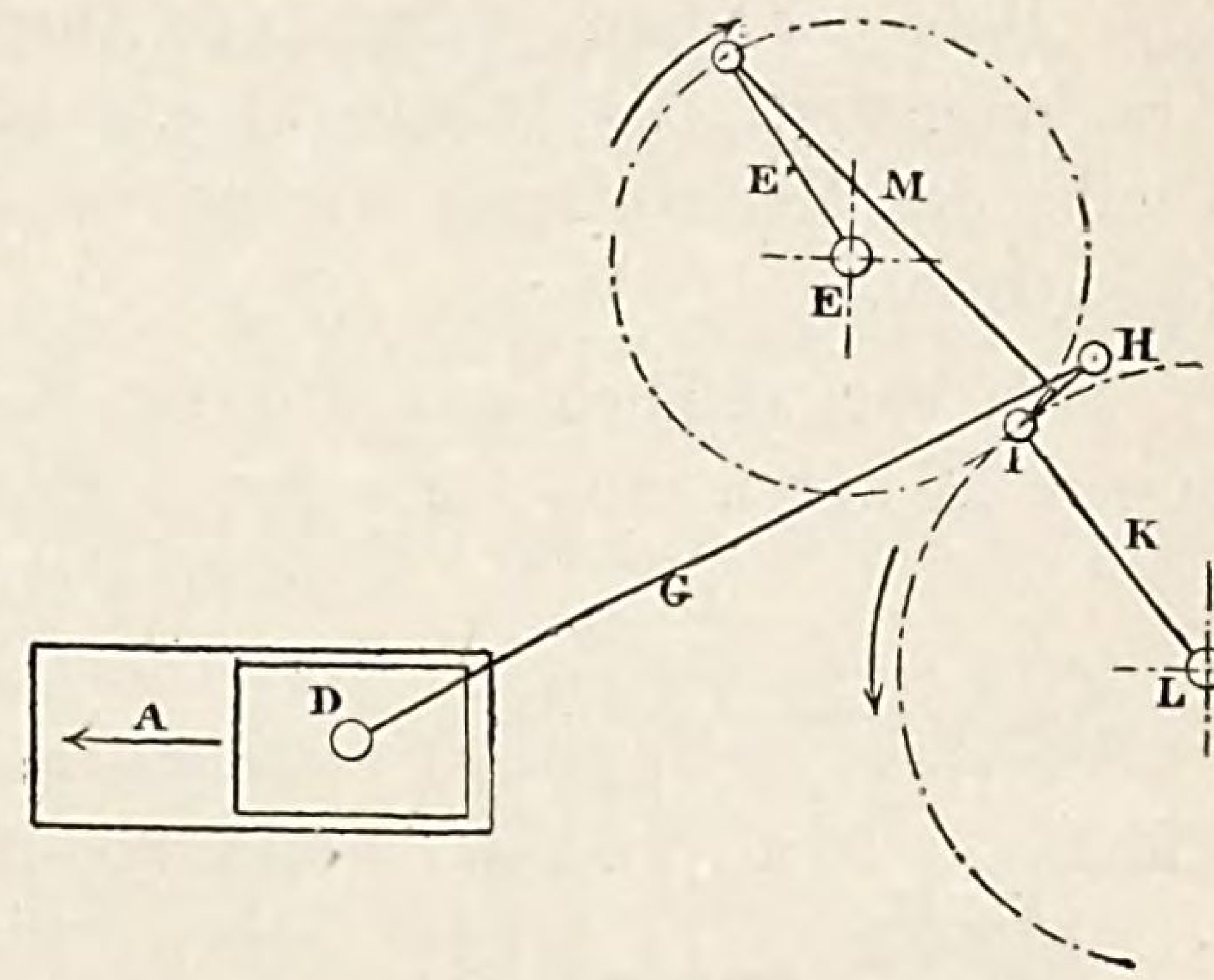


Fig. 95.

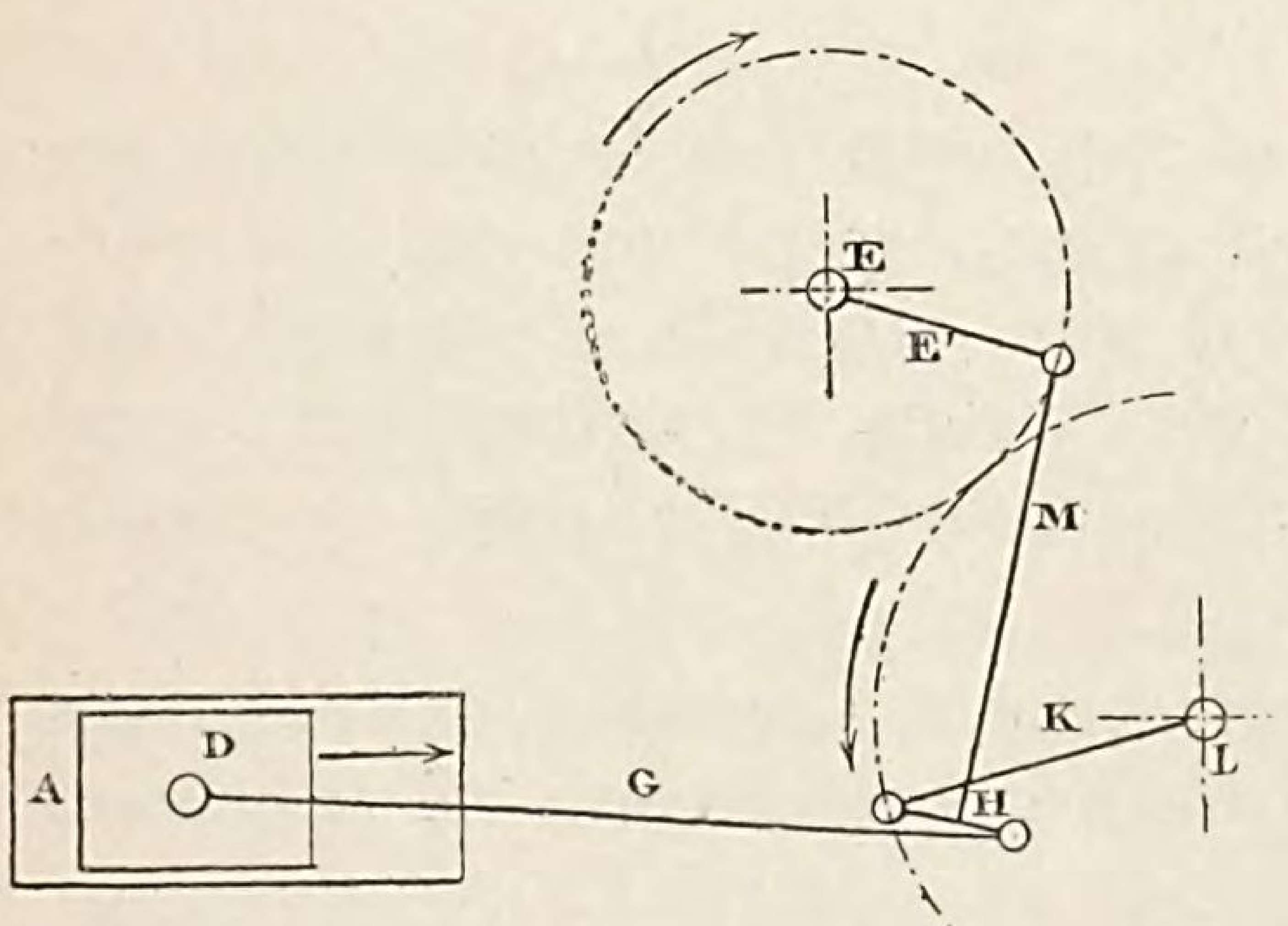


Fig. 96.

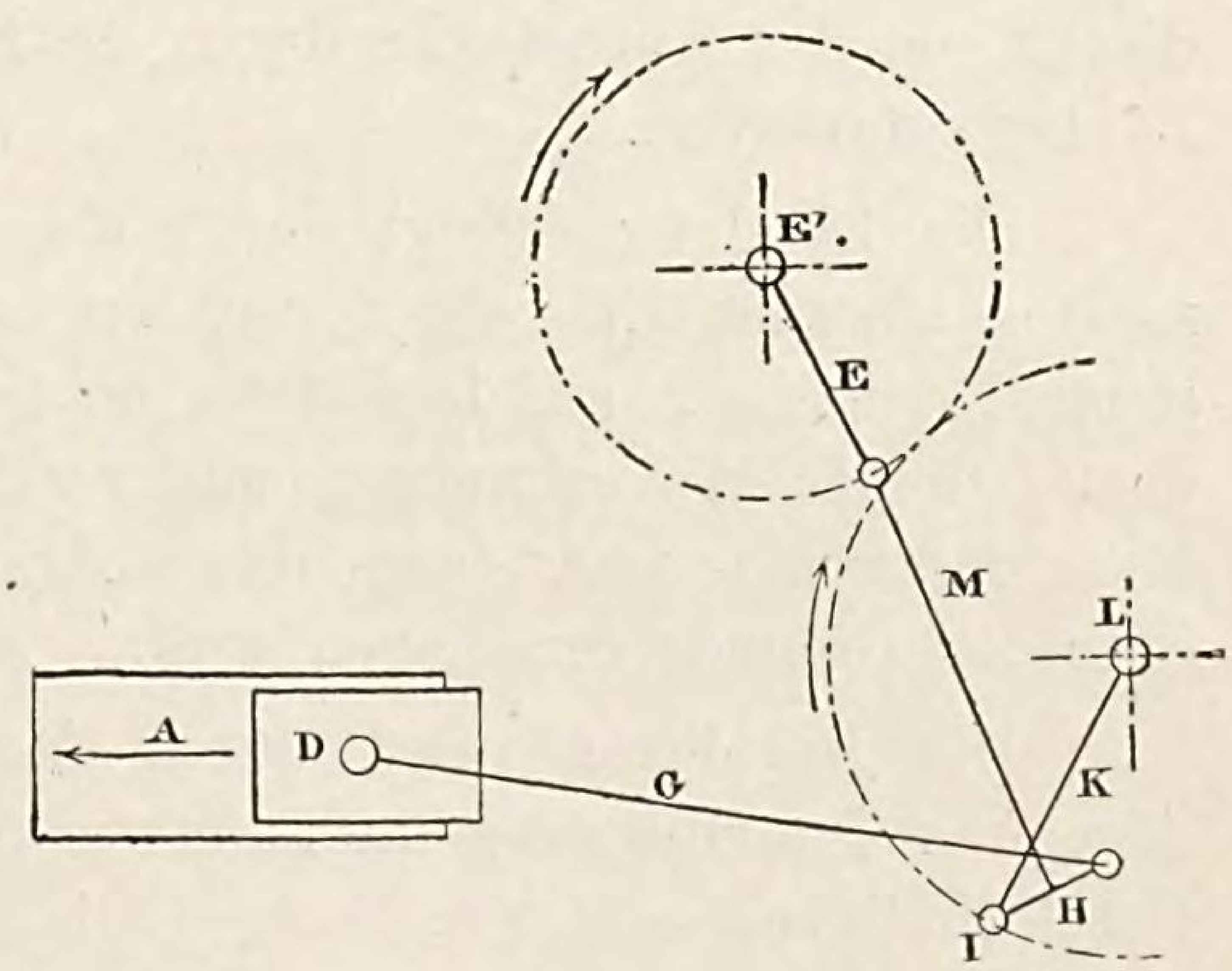


Fig. 97.

eine neue Ladung einzusaugen beginnt. In der folgenden Figur befindet sich der Kolben am Ende der Saugperiode und im Moment der Umkehr zum Beginn der Kompression der Ladung. Betrachtet man jetzt die Hauptkurbel E', so sieht man, dass sie während der Saugperiode ca. $^1/_4$ ihres Kreislaufes zurückgelegt hat, während der Hebel K sich in der höchsten Stellung befindet, welche er überhaupt einnehmen kann.

Das Ende der Kompressionsperiode ist in Fig. 96 dargestellt. Der Hebel K ist wieder zurückgegangen, und die Kurbelwelle E′ hat etwas mehr als das zweite Viertel einer Umdrehung zurückgelegt.

Nach erfolgter Explosion geht der Kolben bis in seine äusserste Lage, welche in Fig. 97 dargestellt ist. Hierbei befindet sich der Hebel K in seiner tiefsten Stellung, während die Kurbel E′ etwas weniger als das dritte Viertel ihrer Umdrehung vollführt hat.

Bei der nun folgenden Auspuffperiode vollendet die Kurbel E′ ihre einmalige Umdrehung, worauf der Hebel K, sowie alle übrigen Theile des Mechanismus wieder in ihre in Fig. 94 dargestellte Lage zurückkehren.

In der wirklich ausgeführten Maschine ist die kleine Kurbel H und die Stange M durch eine am unteren Ende gegabelte Pleuelstange d ersetzt, von deren beiden Zapfen N N′ und oo der eine (N N′) mit dem Balancier, der andere mit der Pleuelstange G verbunden ist, wie aus den Figg. 98 und 93 zu ersehen ist. Die Gegengewichte C′ haben, wie jetzt verständlich wird, den Zweck, den ganzen Mechanismus zu heben. Sämmtliche zum letzteren gehörigen Theile liegen innerhalb des Gestelles B. Die Steuerung geschieht durch zwei am hinteren Ende des Cylinders befindliche Ventile P und P′, welche direkt von der Kurbelwelle durch die Nocken, Stangen und Hebel R, R′ und R″ bewegt werden.

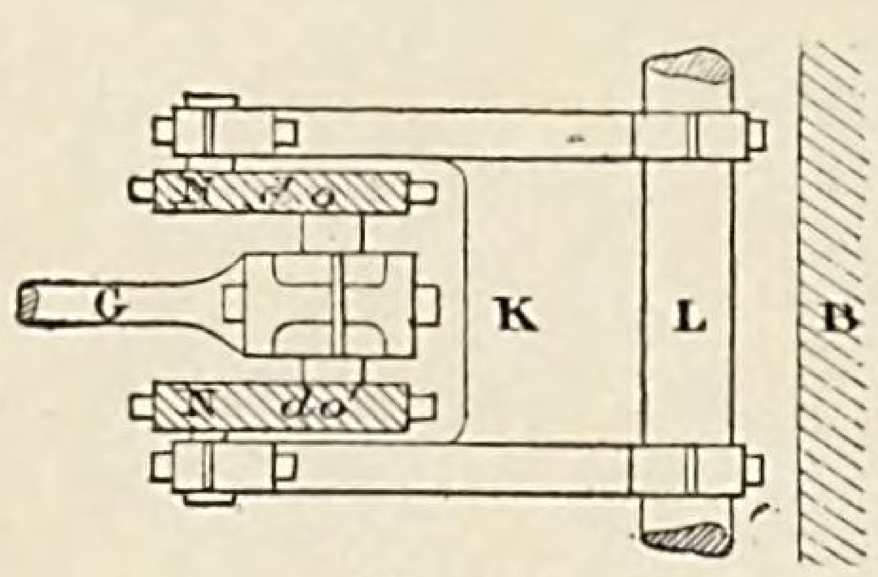


Fig. 98.

Die Zündung erfolgt durch ein schräg gegen den Cylinderboden geneigtes, eisernes Glührohr S, welches von aussen her mittelst eines Bunsenschen Brenners T auf Rothgluth erhalten wird. Dasselbe steht direkt mit dem Cylinder in Verbindung, und wird die Zündung im gewünschten Augenblick dadurch erreicht, dass das Rohr auf eine bestimmte Länge ausgezogen oder der Brenner verschoben wird.

Die Regulirung wird durch Aussetzen der Ladung mit Hilfe eines liegenden Centrifugalregulators bewirkt, welcher das Gasventil bei zu grosser Geschwindigkeit schliesst.

Die Kühlung geschieht durch Wassercirkulation.

Im Jahre 1888 betheiligte sich der Atkinson-Motor an der öffentlichen Konkurrenz, welche von der Society of arts in London unternommen war. Die Resultate der Versuche sind im Folgenden wiedergegeben, welche mit denen der Otto'schen Maschine von Crossley und eines Griffin-Motors, welche bei der Besprechung der betreffenden Maschinen mitgetheilt sind, verglichen werden mögen.

Die an der Konkurrenz betheiligte Atkinson'sche Maschine hatte eine effekt. Leistung von 10 PS., einen Cylinderdurchmesser von 0,2413 m, einen

Kolbenhub während der Saugperiode von 0,1608 m, während der Kompressionsperiode von 0,1278 m, während der Arbeitsperiode von 0,2827 und während des Auspuffes von 0,3157 m. Der Halbmesser der gekröpften Kurbelwelle betrug 0,327 m, der Durchmesser der beiden, je 662,8 kg wiegenden Schwungräder 1,761 m, die Dicke derselben 0,1143 m.

Die normale Tourenzahl der Maschine war zu 130 in der Minute angegeben, und betrug das beobachtete Mittel 131.

Der mittlere Anfangsdruck der Expansion betrug 8,777 kg/qcm, der mittlere Arbeitsdruck 3,488 kg/qcm, der mittlere Gasverbrauch 618,80 l für 1 effektives Stundenpferd.

Der Bunsenbrenner verbrauchte 11,20 l für 1 Stundenpferd, woraus der Gesammtgasverbrauch für dieselbe Leistung sich zu 630 l ergiebt.

Der Wasserverbrauch war ca. 30 l für 1 Stundenpferd und der Schmierölverbrauch 0,010 kg für die gleiche Leistung.

Der maschinelle Wirkungsgrad war gleich 0,85, der Wirkungsgrad des Kreisprozesses gleich 0,228. Die Wärmebilanz war folgende:

In Arbeit verwandelte Wärme	22,8 %,
vom Kühlwasser aufgenommene Wärme	27 %,
in den Abgasen enthaltene Wärme	50,2 %
	100,0 %.

Die vorstehenden Werthe beziehen sich auf den Betrieb der Maschine bei normaler Leistung, jedoch auch bei anderen Leistungen gab die Maschine zufriedenstellende Resultate.

Der Atkinson'sche Motor giebt somit in neuem Zustande sowohl hinsichtlich des Gasverbrauches als auch hinsichtlich der Gleichmässigkeit befriedigende Resultate. Die Erfahrung muss jedoch erst lehren, ob die Wartung, Schmierung und Unterhaltung der vielen, den Kolben mit der Kurbelwelle verbindenden Theile leicht ausführbar ist und ob die Abnutzungen und dadurch bewirkten Verschiebungen keine Störungen im dauernden Betriebe der Maschine herbeiführen werden. Ausserdem ist der Atkinson'sche Motor verhältnissmässig gross und arbeitet geräuschvoll, indessen ist seine Konstruktion auf alle Fälle höchst sinnreich und erfüllt alle Bedingungen, welche nach dem früher Besprochenen an einen Gasmotor mit möglichst weit getriebener Expansion zu stellen sind. Derselbe wird von der British Gas Engine & Engineering Co. in London in folgenden Grössen gebaut.

Nominelle Leistung in PS.	$^3/_4$	1	2	4	6	10	15
Tourenzahl in der Minute	140 bis 180	140 bis 180	120 bis 160	110 bis 150	100 bis 135	100 bis 120	80 bis 110
Länge (ungefähr) in m	1,450	1,525	1,900	2,175	2,475	2,775	3,750
Breite (ungefähr) in m	0,975	1,050	1,200	1,300	1,725	1,950	2,325
Ungefähres Gewicht mit Sockel in kg .	450	560	1275	1825	2950	4050	6600

Lutzky-Motor. Der von der Maschinenbauaktiengesellschaft Nürnberg (vorm. Klett & Co.) in Nürnberg gebaute, in Fig. 99 in perspektivischer Ansicht und in Fig. 100 im Vertikalschnitt dargestellte Lutzky-Motor hat folgende Eigenthümlichkeiten. Zunächst liegt bei demselben im Gegensatze zu der meistens bei stehenden Gasmotoren beliebten Anordnung der Arbeitscylinder am oberen Ende des nach unten hin kegelförmig erweiterten Gestelles, während die Antriebswelle mit den beiderseitigen Schwungrädern im unteren Theile des Gestelles gelagert ist.

Hiermit ist zunächst der Vortheil verbunden, dass die, einem grossen Druckwechsel ausgesetzte Lagerung der Schwungradwelle tief zu liegen kommt, wodurch eine grosse Stabilität erreicht wird.

Ein weiterer Vortheil dieser Anordnung liegt ferner in der Vermeidung der bei vielen stehenden Maschinen angewandten oben offenen Cylinder, in welche Staub und andere Verunreinigungen gelangen und eine raschere Abnutzung des Cylinders bewirken, als es bei oben liegenden und oben geschlossenen Cylindern der Fall ist. Die Schmierung dieser Maschine ist ferner derartig durchgeführt, dass kein Oel in den Raum über dem Kolben gelangt bezw. in den Cylinder eingeführt wird, dass dasselbe vielmehr aus dem Oeltropfapparat o (Fig. 100) zunächst in eine in die Cylinderwandung eingedrehte Rinne r gelangt, welche sich schraubenförmig nach unten fortsetzt. Das überflüssige Oel wird von der am unteren Ende des Cylinders befindlichen Oelfangrinne f aufgenommen, während der Kolben mittelst eingedrehter, dünner, ringförmiger Rinnen das Oel aus den Rinnen r, deren richtige Grösse und Neigung erst auf Grund zahlreicher Versuche festgestellt werden konnte, nach oben mitnimmt und gleichmässig über die ganzen Cylinderwandungen vertheilt.

Aus der Rinne r nehmen die am oberen Kolbenende befindlichen Dichtungsringe nur das zur Schmierung gerade nothwendige Schmiermaterial mit und führen dasselbe nur so hoch, als der Kolbenhub es verlangt, wodurch der Raum über dem Kolben durchaus ölfrei, die Cylinder und Ventile also frei von Schmieransatz bleiben, und das so lästige, häufige Herausnehmen der Kolben und Ventile und Reinigen derselben von Schmiere fortfällt.

Die Steuerung des Gasventils und Auspuffventils geschieht durch einen einzigen, durch zwei Stirnräder A und B vom Uebersetzungsverhältniss 1 : 2

angetriebenen Hebel k′ (Fig. 101), welcher am äusseren Ende der Steuerwelle l (Fig. 102) aufgekeilt ist.

Auf letzterer ist ausserdem eine zur Bewegung des Gasventilhebels dienende Scheibe X sowie ein zur Hebung des Auslassventils bestimmter Hebel z, welcher in Fig. 100 zu sehen ist, befestigt.

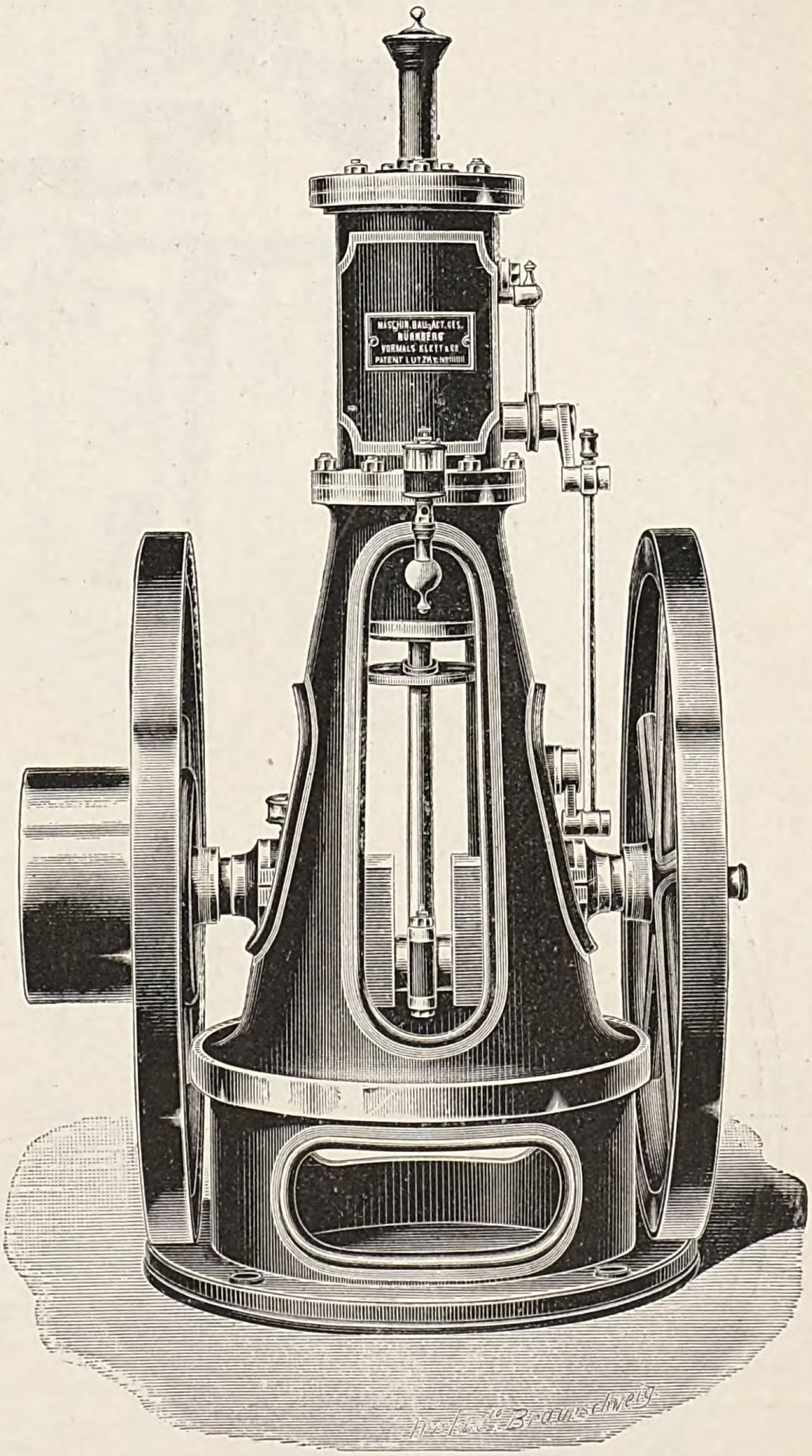


Fig. 99.

Das Oeffnen des Gasventils während derSaugperiode geschieht nun folgendermassen.

Die Steuerscheibe x ist an ihrem äusseren Umfang mit einer Rinne versehen, in welcher sich der Stift v des Pendelhebels p führt.

An der dem Hebel k′ gegenüberliegenden Stelle der Scheibe ist eine Erhöhung oder Nase n angebracht, welche beim Anschlagen gegen den Stift v eine Verschiebung desselben nach rechts (Fig. 101), also eine kleine Drehung des um den Zapfen s drehbaren doppelarmigen Hebels p h und eine Verschiebung der Ventilstange d nach links bewirkt, wodurch das Gasventil während der ganzen Saugperiode geöffnet und das Gas durch das Mischventil L (Fig. 100) mit der Luft zugleich in den Cylinder eingesaugt wird. Bei der in Fig. 101 gezeichneten Stellung

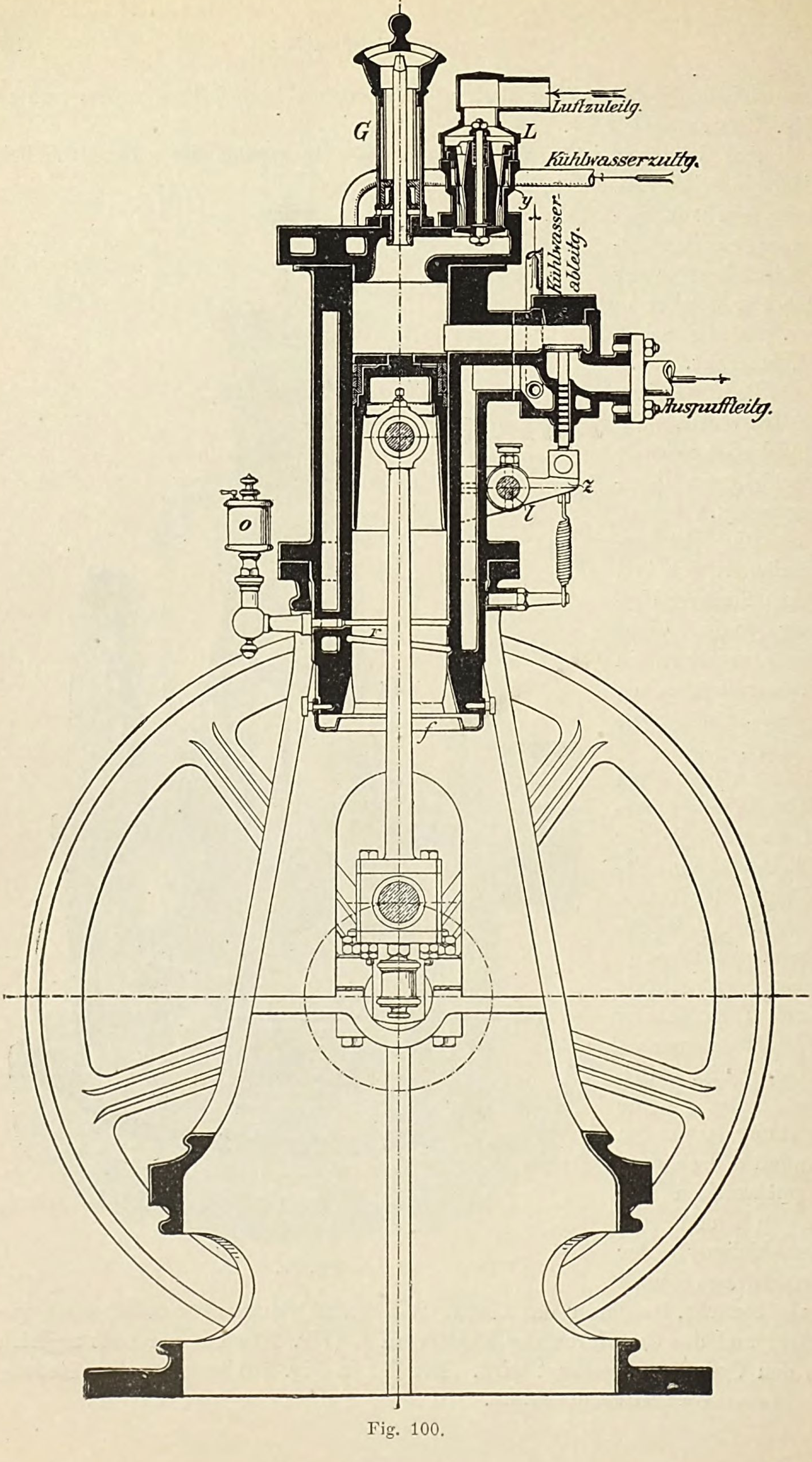

Luftzuleitg.
G
L
Kühlwasserzultg.
y
Kühlwasser-
ableitg.
Auspuffleitg.
z
l
o
r
f

Fig. 100.

findet gerade der Beginn der Oeffnung des Gasventils statt, wenn man annimmt, dass der Hebel k′ im Begriff ist, nach oben zu gehen.

Die Regulirung der Maschine geschieht durch Aussetzen der Ladung bezw. der Gaszuströmung in folgender Weise. Seitlich neben dem Stifte v sitzt an dem um den Zapfen t in einer, senkrecht zur Drehungsebene um den Zapfen s stehenden Ebene drehbaren Pendel p ein zweiter, etwas längerer Stift w, welcher an der Aussenfläche der Scheibe x schleift, wenn der Stift v in die Nute derselben eingreift. Genau an derselben Stelle, wo in letzterer die Nase n liegt, befindet sich an der Aussenfläche der Scheibe x die Nase m, welche ein seitliches Verschieben bezw. Zurseitestossen des Pendels bewirkt, sobald sie nach vollendeter Kompressionsperiode mit einem gewissen Stosse gegen den Stift w schlägt. Das Pendel p macht somit während der Auspuffperiode eine seitliche Schwingung, die so bemessen ist, dass der Stift v bei vollendeter Rückkehr des Pendels noch unter die Nase n und in die in der Figur punktirte Führungsrinne derselben eintrifft. War jedoch der Stoss auf den Stift w zu stark — was bei zu raschem Gange der Maschine der Fall ist — so kommt das Pendel, also auch der Stift v, zu spät zurück, um noch in die Führungsrinne der Nase n einzutreten, vielmehr legt er sich während der Saugperiode seitlich an die erstere an, sodass das Gasventil geschlossen bleibt.

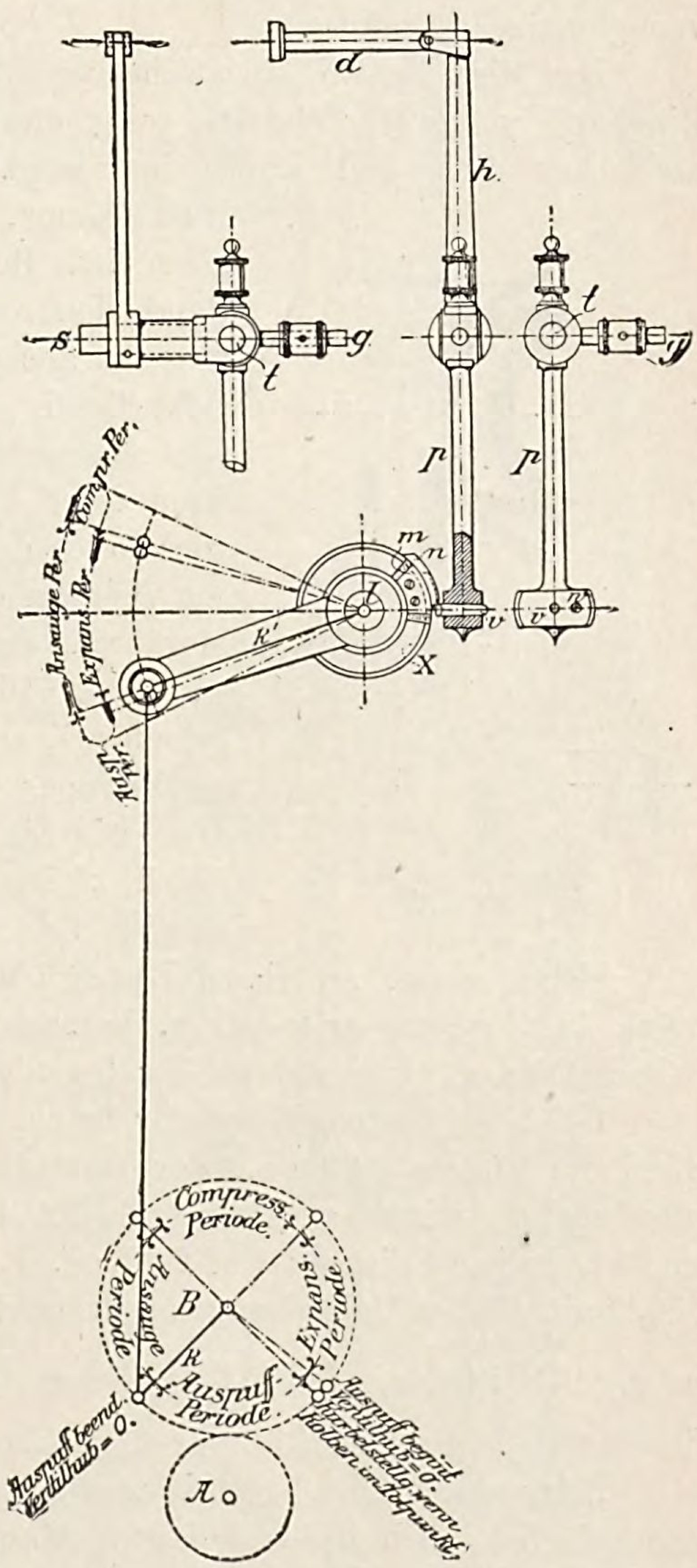


Fig. 101.

Zur Regulirung des Pendelausschlags für die normale Tourenzahl der Maschine ist auf einem, rechtwinkelig zum lothrechten Pendelarme p stehenden Arm ein kleines, verschiebbares Gegengewicht g angebracht, durch dessen Verstellung die Schwingungsdauer des Pendels p innerhalb gewisser Grenzen verändert werden kann.

Bedingung für eine fortdauernd gute Wirkungsweise dieser Steuerung ist jedoch, dass die Reibungsverhältnisse der Pendelaufhängung stets gleich bleiben, was bei dem Lutzky'schen Motor in zufriedenstellender Weise der Fall ist.

Ausserdem ist aber das grosse Trägheitsmoment des langen und schweren Pendels auf die Wirkungsweise der erwähnten Regulirvorrichtung von günstigem Einfluss.

Das Mischventil L, in welches von oben die Luft und seitwärts durch den Ringkanal y das Gas eintritt, geht beim Ansaugen selbstthätig nach abwärts und lässt Gas und Luft einströmen. Das Ventil besteht aus einem Doppelkonus, welcher von einem Cylinder umgeben ist. Bei geöffnetem Ventile giebt der obere Rand den Austritt des Gases frei, und strömt dasselbe aus dem ringförmigen Kanal y gegen den Doppelkonus, während die einströmende Luft das Gas senkrecht von oben trifft. Das Gemisch tritt dann zwischen den Konus und den Ventilcylinder, von wo es durch einzelne Oeffnungen unter dem Ventilsitz in den Kompressionsraum gelangt. Die hierdurch erzielte Mischung ist eine sehr vollkommene. Die Zündung erfolgt durch einen Glühcylinder G, welcher von einem verschiebbaren Gasrundbrenner umgeben ist.

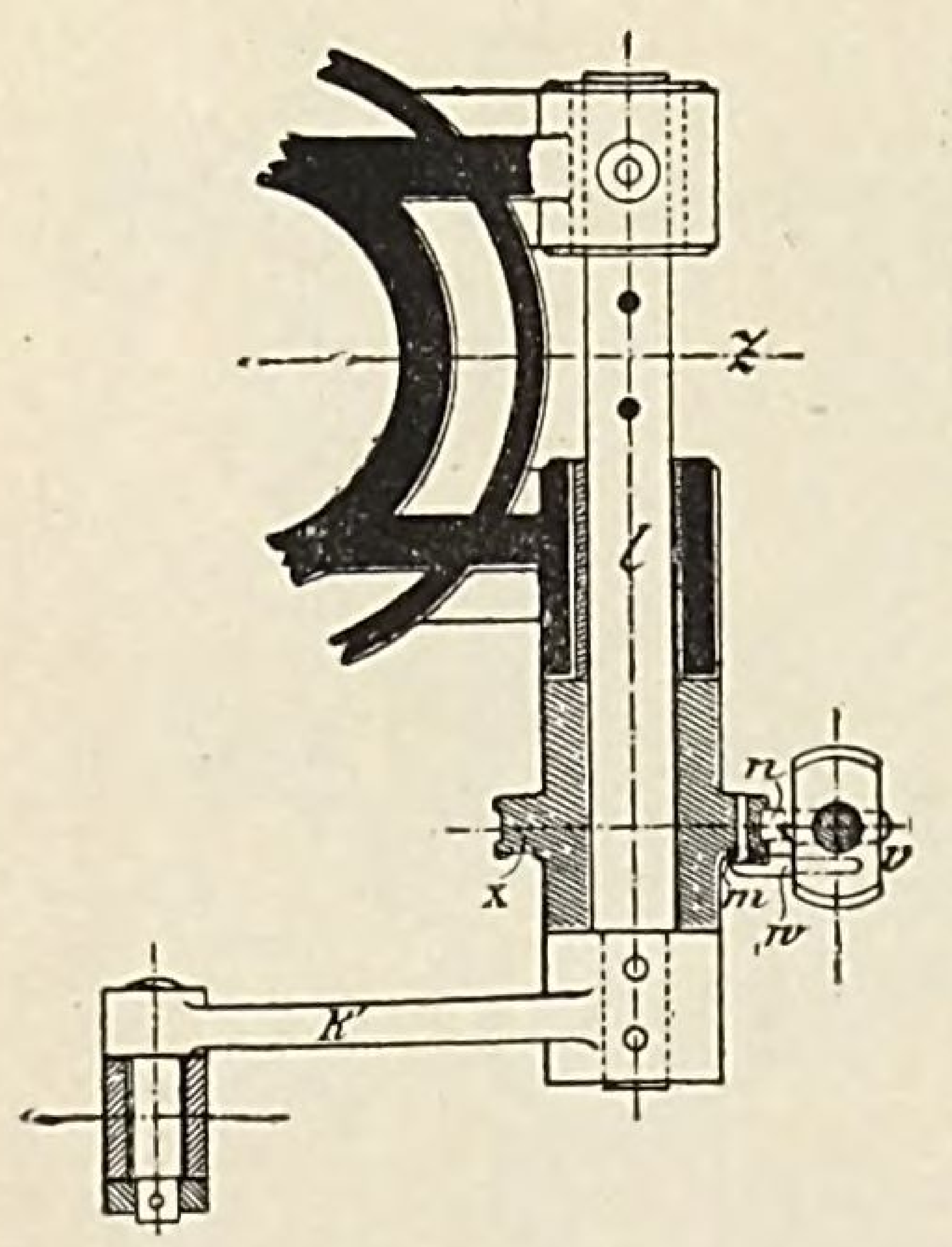


Fig. 102.

Die Steuerung des Auspuffventils durch den Hebel z ist aus Fig. 100 ohne Weiteres verständlich.

Ueber einen, an einem Lutzky-Motor der Firma Koerber's Eisenwerk in Harburg angestellten Versuch berichtet Prof. Schöttler in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure[1]) Folgendes.

Bei abgehängtem Regulator betrug die gebremste Leistung eines sechspferdigen Motors 6,29 PS., der Gasverbrauch 680 l für 1 effekt. Stundenpferd und die minutliche Tourenzahl 200,5, während bei angehängtem Regulator und ca. halber Leistung von 2,98 eff. PS. 800 l für 1 eff. Stundenpferd bei 180,2 minutlichen Umdrehungen gebraucht wurden. Der Leergangsgasverbrauch betrug 1410 l (oder auf 1 eff. PS. der normalen Leistung bezogen $\frac{1410}{6} = 235$ l in der Stunde). Prof. Schöttler fügt folgende Bemerkung hinzu:

„Es muss hierzu bemerkt werden, dass das städtische Gas in Harburg ungewöhnlich reich ist, und dass man aus den Versuchen also nicht schliessen darf, dass die Maschine weniger Gas verbrauche als andere Maschinen.“

Gasmotor der Maschinenfabrik Kappel in Kappel-Chemnitz. Die Motoren dieser Firma sind sämmtlich mit Ventilsteuerung versehen und unterscheiden sich die kleineren, bis zu 15 PS. gebauten Maschinen von den grösseren durch die Konstruktion des Regulators.

1) Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1891, p. 967.

In den Figg. 103--108 ist zunächst ein zehnpferdiger Motor dieser Firma mit Ventilsteuerung und einem Federregulator abgebildet.

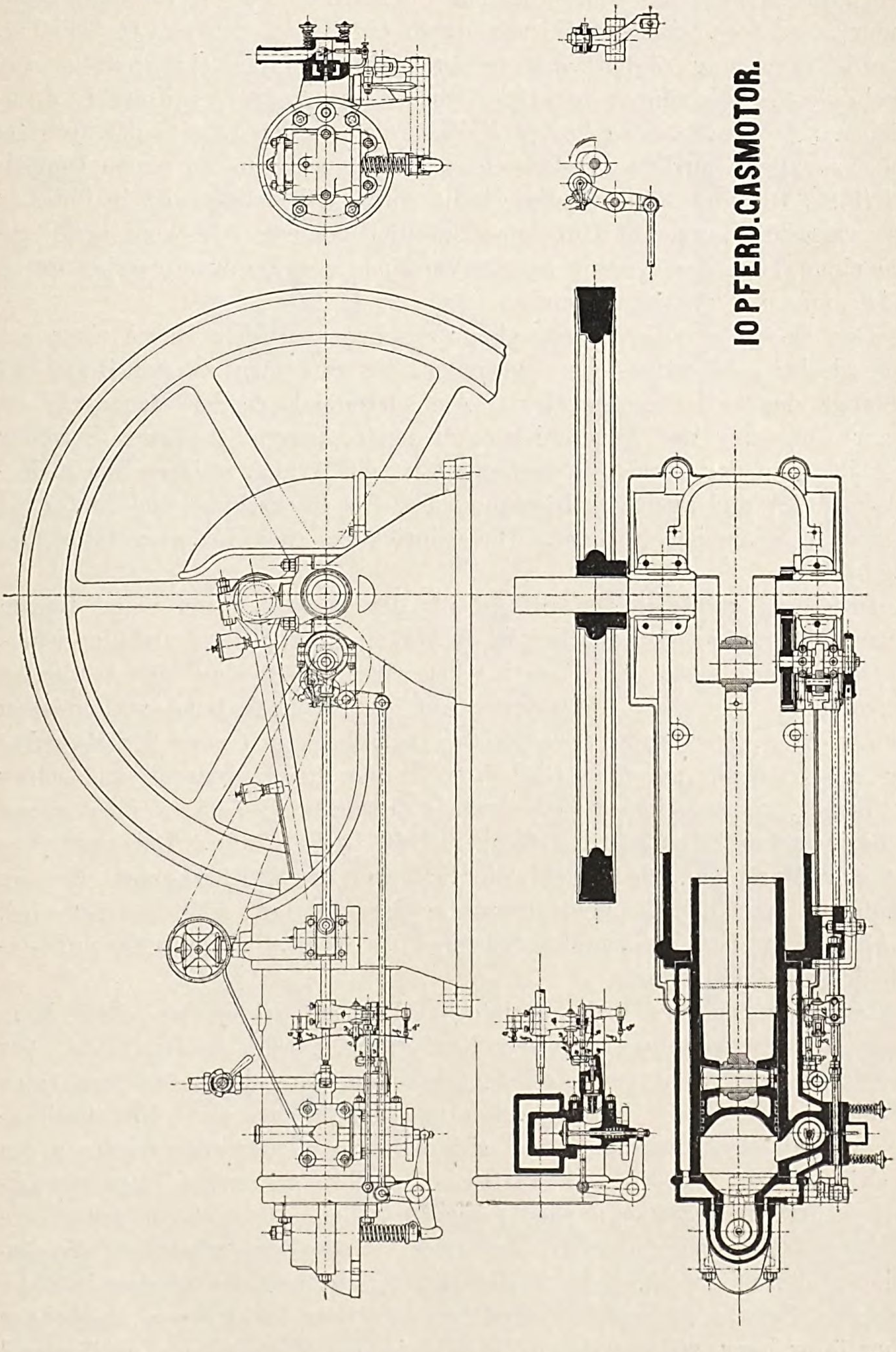


Fig. 103—108.

Derselbe besitzt am hinteren Cylinderende zunächst das in der Verlängerung der Cylinderachse im Deckel befindliche Auspuffventil, während das Rückschlag- und Luftventil an der Seite des Cylinders angebracht ist. Vor demselben liegt das Gasventil und über diesem ein die Zündung regulirender, von der Zwischenwelle aus durch ein Excenter bewegter Schieber.

Die Steuerung sämmtlicher Organe erfolgt durch eine parallel zur Kurbelwelle liegende, durch Stirnräder vom Uebersetzungsverhältniss 1 : 2 angetriebene Steuerwelle. Auf letzterer sitzt zwischen den Lagern die unrunde Scheibe zur Bewegung des Auslassventils, welche auf eine an einem Doppelhebel (Figg. 107 und 108) befestigte Rolle wirkt. Die letztere ist in üblicher Weise verstellbar, um mit Hilfe eines zweiten, kleineren Nockens beim Anlassen einen Theil der Ladung behufs Verminderung der Kompression durch das Auspuffventil wieder entweichen lassen zu können.

Der Doppelhebel ist durch eine Zugstange mit dem Hebel einer am Cylinderdeckel gelagerten Achse verbunden, die mit einem zweiten Hebel auf die Stange des Auslassventils wirkt. Am äusseren Ende der Steuerwelle ist das zur Bewegung des Zündschiebers dienende, bereits erwähnte Excenter aufgekeilt. Auf der Zündschieberstange sitzt ein Arm a, welcher den Federregulator trägt und auch zur Bewegung des, das Rückschlag- und Luftventil bewegenden Winkelhebels dient. Die Einrichtung des Federregulators ist folgende.

In einem gabelförmigen Stücke ist der Stecher s um einen Bolzen drehbar befestigt; an dem Stecher ist ferner eine Blattfeder f und ein kleines Gegengewicht w angebracht. Der Stecher wirkt derartig auf den vertikalen Schenkel eines durch ein Gleitstück g mit der Gasventilstange verbundenen Winkelhebels v, dass seine Schneide bei zu schnellem Gange der Maschine unter die Schneide am Winkelhebel trifft und diesen dadurch aus seiner Lage bringt, sodass ein an dem Arme a sitzender Anschlag x nicht gegen den horizontalen Schenkel des Winkelhebels treffen kann. Bei normalem Gang der Maschine jedoch geht die Schneide des Stechers über die am Winkelhebel befindliche Schneide hinweg, sodass letzterer nicht gedreht wird, der Anschlag x den horizontalen Schenkel des Winkelhebels trifft und dadurch das Gasventil öffnet.

Die Bewegung des Federregulators erfolgt in der Weise, dass beim Hingang der Steuerstange nach der Kurbelwelle zu die beiden Enden der Blattfeder f sich gegen zwei Anschlagschrauben o_1 o_2 legen, wodurch eine Durchbiegung der Feder hervorgerufen und der Stecher aus seiner horizontalen Lage abgelenkt wird. Bewegt sich nun die Steuerstange wieder gegen den Cylinder zu, so wird die Blattfeder in ihre gestreckte Lage zurückschnellen und den Stecher s wieder gerade stellen. Je nachdem jedoch die Durchbiegung der Feder eine grössere oder kleinere war, wird auch die Geschwindigkeit, mit welcher die Feder sich streckt und der Stecher in seine horizontale Lage zurückgeführt wird, grösser oder kleiner sein, oder der Stecher öfter bezw. seltener gegen die Schneide am Winkelhebel v treffen und

daher das Gasventil seltener bezw. häufiger öffnen. Da die Durchbiegung der Blattfeder durch die Stellung der Anschlagschrauben $o_1\, o_2$ bedingt ist, so folgt hieraus, dass die Geschwindigkeit der Maschine während des Ganges

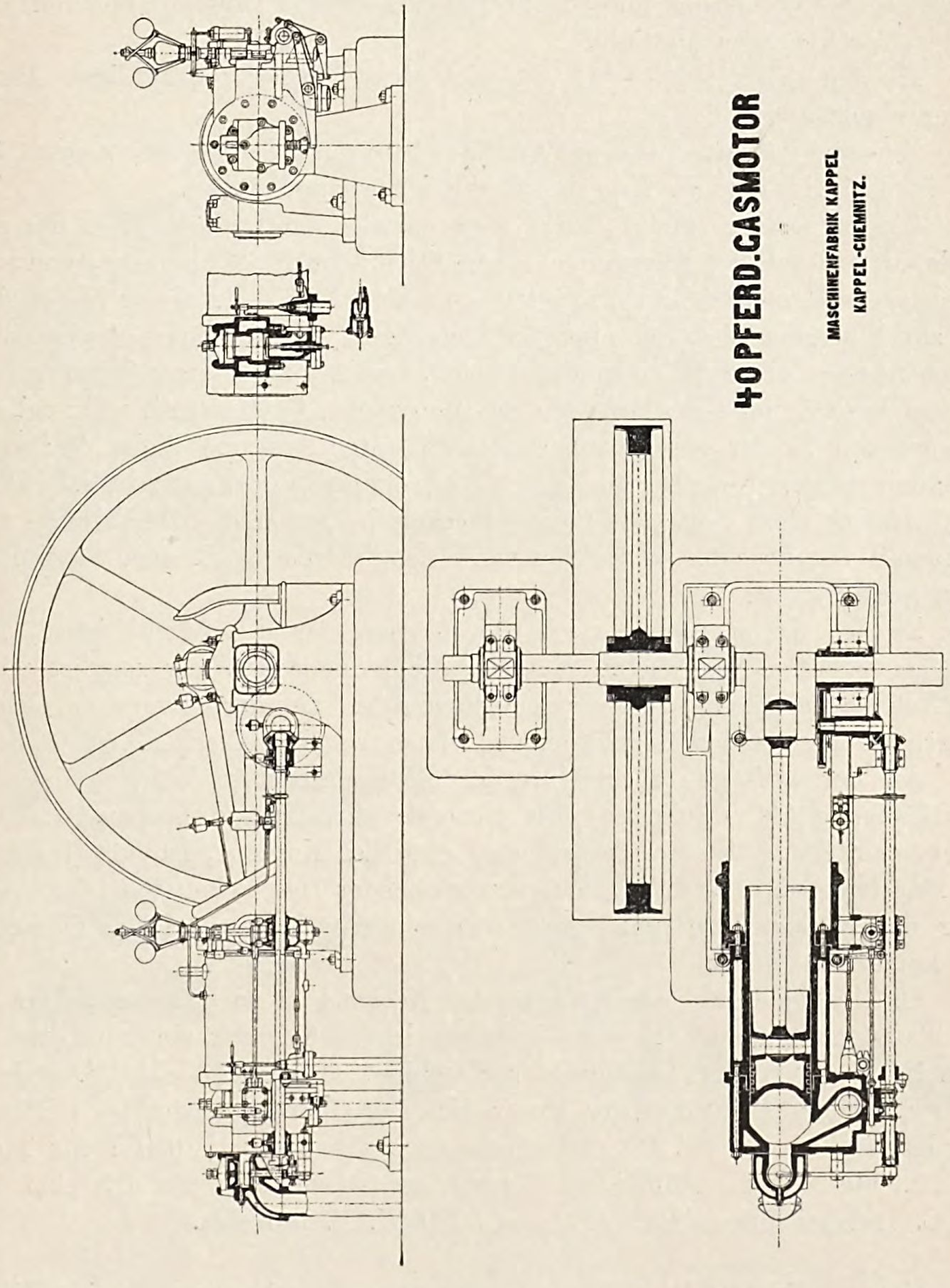


Fig. 109—112.

durch die Verstellung einer der beiden Anschlagschrauben innerhalb ziemlich weiter Grenzen verändert werden kann. Durch ganz geringe Drehung der Schraube o_1 kann beispielsweise die Tourenzahl der Maschine von 100 auf 175 Touren verändert werden.

Ein Motor dieser Ausführung von nominell 10 PS. leistet bei 150 Touren im Maximum 15 PS., wobei er ca. 710 l Gas für 1 Stundenpferd verbraucht, während der Leerlaufsgasverbrauch 1,8 cbm pro Stunde beträgt.

Die Bauart der grösseren Motoren derselben Firma zeigt namentlich bezüglich der Steuerung und Regulirung wesentliche Unterschiede von derjenigen der kleineren Motoren.

In den Figg. 109—112 ist ein eincylindriger 40pferdiger Motor dieser Firma abgebildet.

Derselbe ist mit einem zweitheiligen Schwungrad versehen, welches auf der, in drei viertheiligen Lagern ruhenden Kurbelwelle sitzt.

Die Steuerung erfolgt durch eine parallel zur Cylinderachse liegende Welle, welche von der Kurbelwelle durch Stirnräder (1 : 2 übersetzt) und zwei gleich grosse konische Räder angetrieben wird. Am Ende dieser Welle sitzt die zur Bewegung des, am hinteren Ende des Cylinderdeckels angebrachten Auspuffventils dienende unrunde Scheibe, welche zwei verschieden grosse Nocken besitzt, um beim Anlassen des Motors das Auslassventil während der Kompression in der bereits mehrfach erwähnten Art und Weise theilweise zu öffnen und die Kompression dadurch zu verringern oder ganz zu beseitigen.

An der einen Seite des Cylinderdeckels ist unten das Rückschlag- und Luftventil angebracht, an welches noch das Gasventil mit dem Gaseinlasshahn angesetzt ist.

Seitlich davon befindet sich die Führung für den Zündschieber, mit welchem bei diesen grösseren Motoren die Flammenzündung regulirt wird. Der Antrieb des Zündschiebers geschieht von der, mit der Steuerwelle gleiche Tourenzahl besitzenden Regulatorwelle aus durch einen Nocken.

An der auf- und niederbeweglichen Regulatorhülse befindet sich der zur Bewegung des Gaseinlassventils dienende abgeschrägte Nocken. Bei der untersten Stellung des Regulators, also auch des Nockens, ist das Gasventil am längsten geöffnet, während mit zunehmender Geschwindigkeit der Regulator den Nocken hebt und derselbe in seiner höchsten Lage das Gasventil nur kurze Zeit öffnet.

Die Hubhöhe und Abschrägung des Nockens ist so bemessen, dass bei der höchsten Stellung noch eine Gasmenge in den Cylinder einströmt, welche etwa $^1/_3$ der normalen Leistung der Maschine, also ca. 13—14 PS. ergiebt.

Ein nominell 40pferdiger Motor dieser Ausführung leistet bei mittlerer Regulatorstellung 50 eff. PS. bei einem Gasverbrauch von 610 l für 1 eff. St. PS. und einem stündlichen Leergangsgasverbrauch von 8,5 cbm bei 12° C. und bei einem Heizwerth von 5000 W. E. pro cbm.

Gasmaschine der Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. Moritz Hille, Figg. 113—117. Ein kleiner Motor dieser Firma ist zunächst in den Figg. 113 und 114 abgebildet. Wie aus dem Horizontallängsschnitt ersichtlich, ist derselbe sowohl für den Einlass als auch für den Auslass mit Ventilen ausgerüstet, welche durch Nocken, Zwischenhebel und Zugstangen von

der Kurbelwelle bezw. der kleinen Steuerwelle angetrieben werden, welche zwischen der Kurbelwelle und dem Cylinder parallel zur ersteren gelagert ist.

Die Zündung erfolgt durch einen von der Steuerwelle aus bewegten Zündschieber, während sie bei der in den Figg. 115—117 dargestellten Maschine durch ein aus Porzellan gefertigtes Glührohr bewirkt wird. Die Kon-

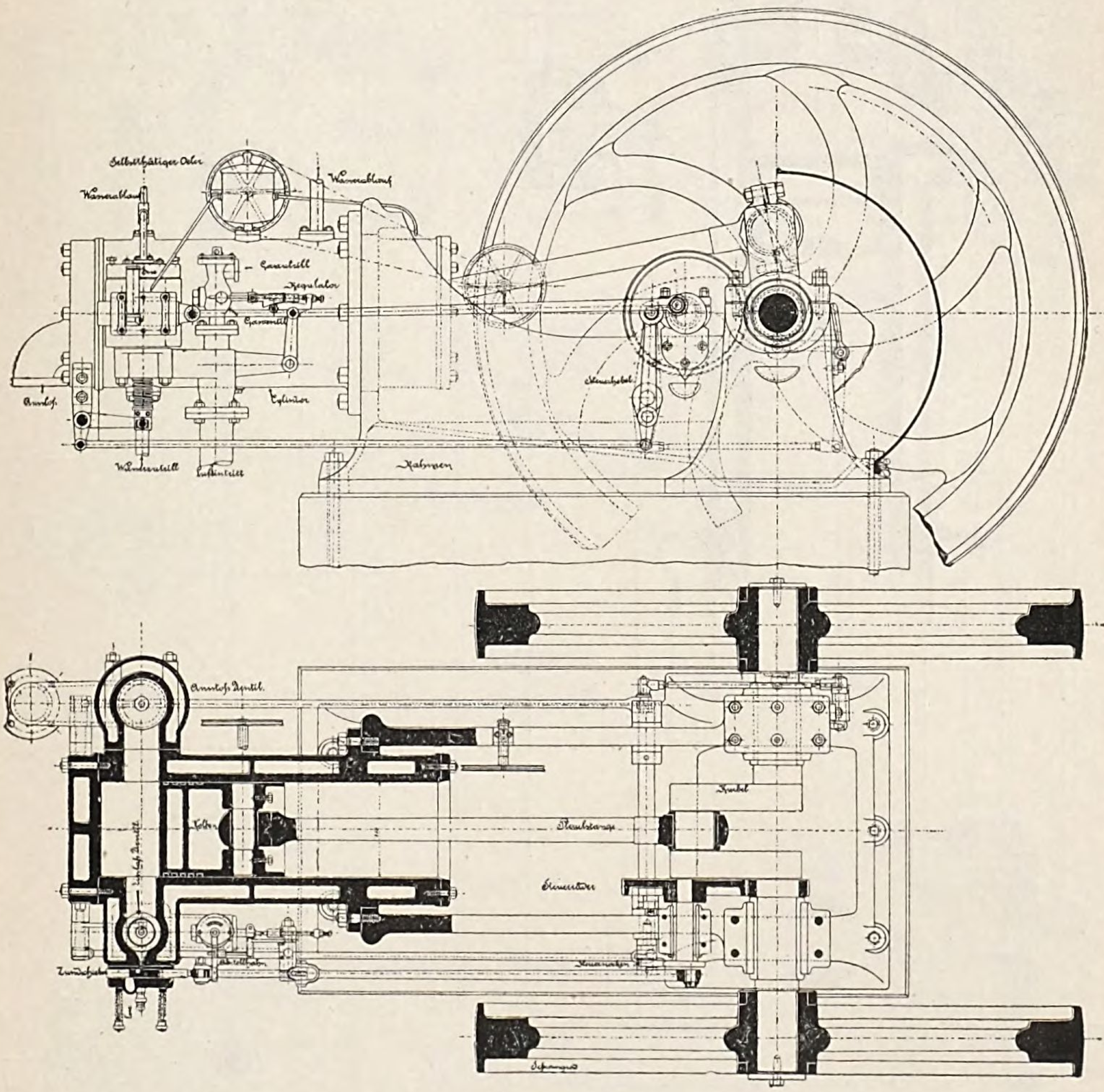


Fig. 113—114.

struktion dieser Zündvorrichtung ist aus dem Schnitt, Fig. 116, ohne Weiteres verständlich. Das Glührohr steht mit dem Einlassventilgehäuse fortwährend in Kommunikation und erfolgt die Zündung dadurch, dass ein Theil der frischen Ladung so weit in das Glührohr hineingedrückt wird, dass die Glühzone im Rohr berührt wird. Mittelst einer an der Zündvorrichtung angebrachten Schraube lässt sich der Bunsen-Brenner unter dem Glührohr verschieben und dadurch die Glühzone des Glührohrs verlegen, also reguliren.

Die Oeffnung des vor dem Luft- und Rückschlagventil sitzenden Gasventils geschieht durch den Hille'schen Pendelregulator, dessen Konstruktion

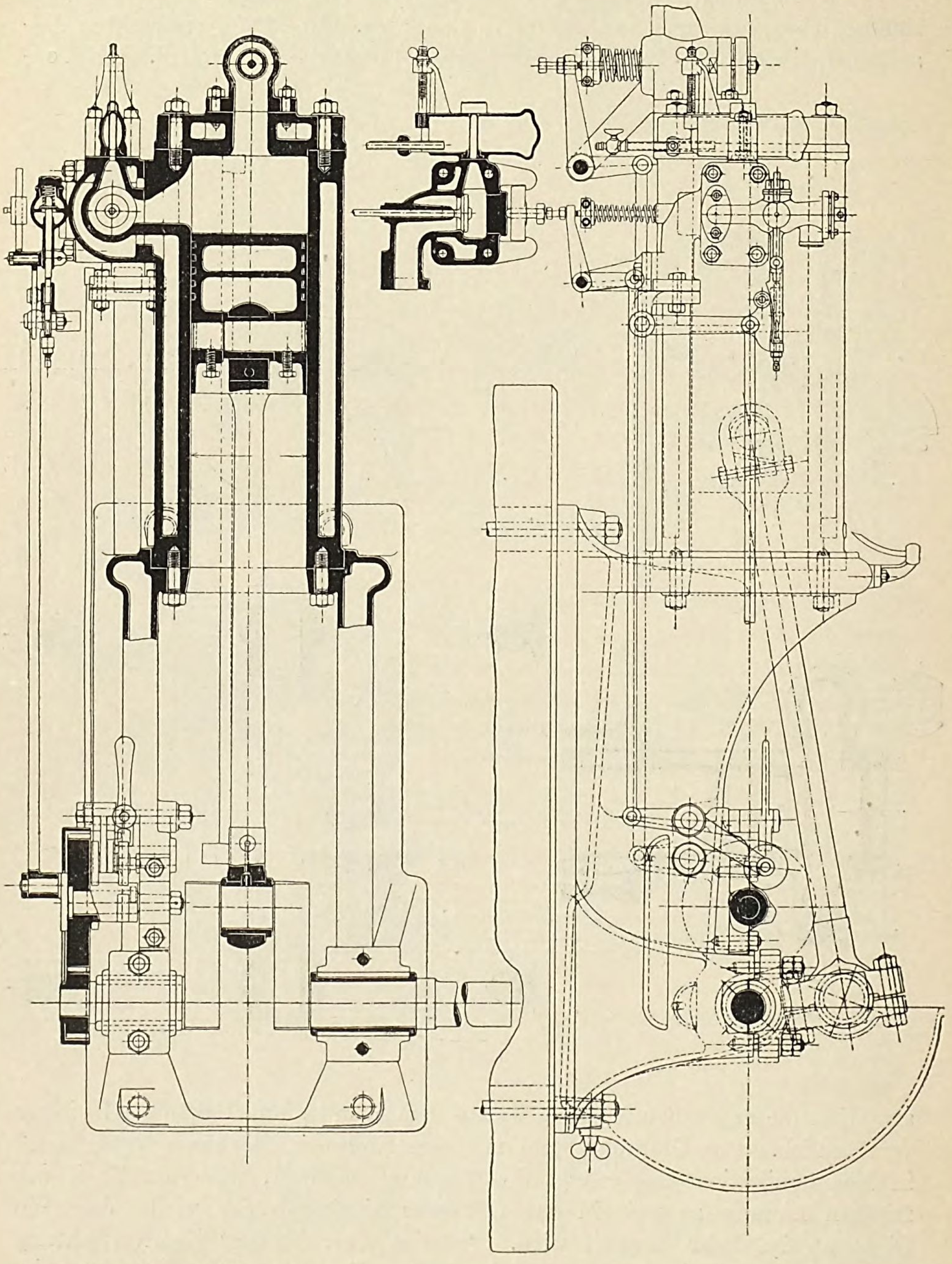


Fig. 115—117.

aus den Figg. 118—120 zu ersehen ist. An einem um einen festen Drehpunkt schwingenden stehenden Hebel, welcher von einer am äusseren Ende

der Steuerwelle sitzenden Kurbel bewegt wird, befindet sich eine Gleitrolle und eine mit einer scharfen Schneide versehene Stossschraube. Am Gasventilgehäuse ist ein Pendelhebel drehbar befestigt, welcher am vorderen Ende eine der Gasventilstange gegenüberliegende und mit einer Kerbe versehene Stange trägt.

Geht nun der stehende Hebel aus der in Fig. 118 gezeichneten Lage mit normaler Geschwindigkeit nach rechts, so wird durch die Gleitrolle der Pendelhebel gehoben, sinkt jedoch beim Rückgange des schwingenden Hebels nach links wieder in seine Anfangsstellung zurück, sodass die Schneide der am rechten Ende des Regulatorhebels befindlichen Stossschraube in die Kerbe der im Pendelhebel befindlichen Stange trifft und hierdurch das Gasventil aufstösst. Bei grösserer Geschwindigkeit der Maschine wirft jedoch die

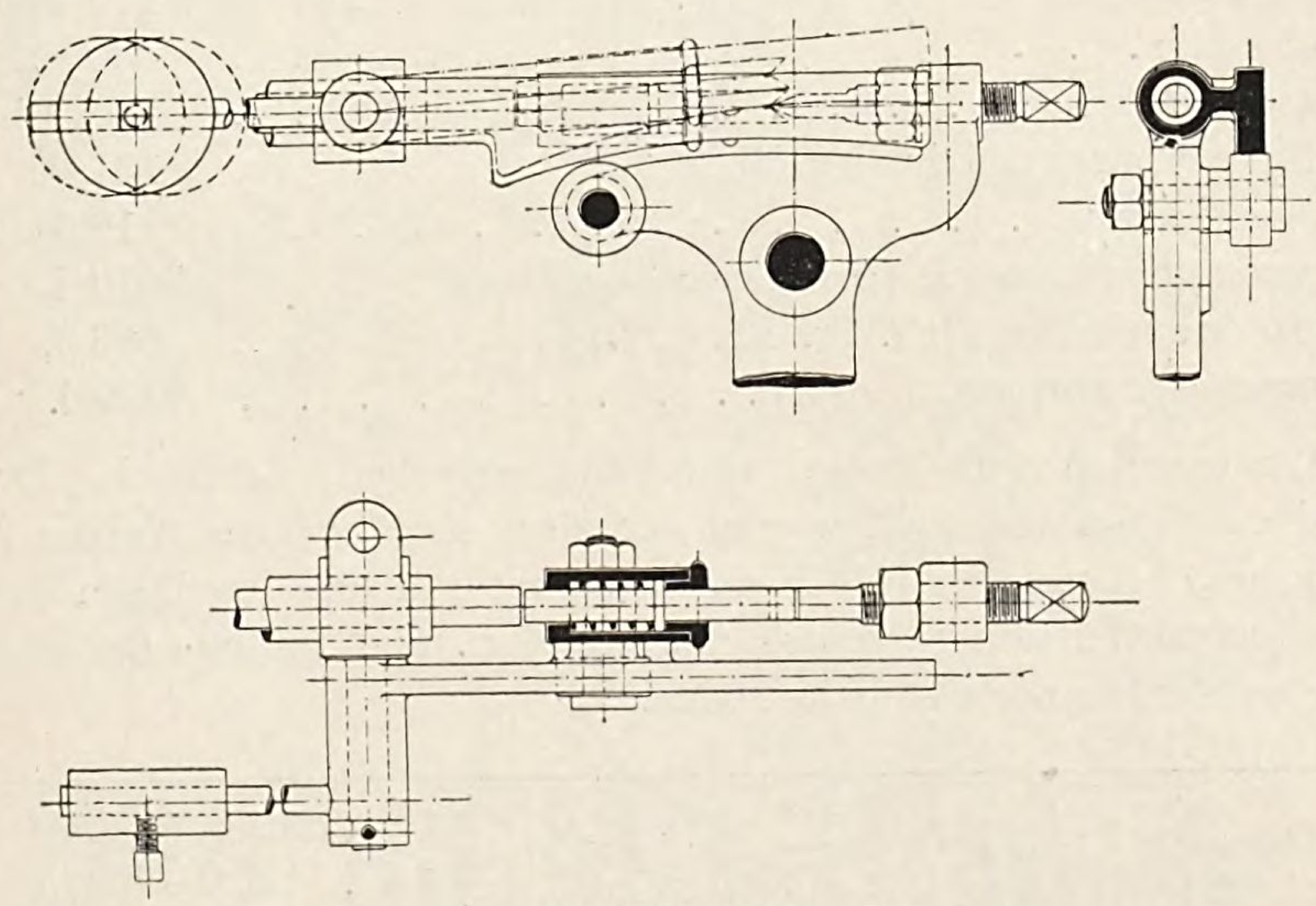


Fig. 118—120.

Gleitrolle am Regulatorhebel den Pendelarm zu hoch, sodass beim Rückgang die Schneide der Stossschraube unter die Kerbe der Pendelstange kommt, das Gasventil demnach nicht geöffnet wird. Durch Verstellen eines am anderen Ende des Pendelhebels angebrachten, scheibenförmigen Gegengewichts kann der Regulator für eine bestimmte normale Geschwindigkeit genau ausregulirt werden.

Ueber einige, mit Hille'schen Motoren angestellte Versuche macht die Firma folgende Angaben:

1. Nominell 3pferdiger Motor, geprüft am 18.—20. Juni 1891 durch Prof. Kellerbauer, Chemnitz:

Mittlere Tourenzahl in der Minute	182,2,
Leistung in eff. PS.	3,673,
Gasverbrauch für 1 eff. St. PS.	755 l.

2. Prüfung eines nominell 6pferdigen, liegenden, eincylindrigen Motors durch Prof. Lewicki, Dresden, am 25. Juni 1891:

Bremsdauer	1 Stunde,
mittlere Tourenzahl in der Minute	153,03,
Gleichförmigkeitsschwankungen in den mittleren minutl. Tourenzahlen	1,1 %,
Bremsleistung bei 153 Touren	6,82 PS.,
indizirte Leistung bei 153 Touren	7,20 „
masch. Wirkungsgrad	89,9 %,
Gasverbrauch für 1 eff. St. PS.	730 l.

3. Nominell 12pferdige Maschine, geprüft von Prof. Schöttler, Januar 1892:

Cylinderdurchmesser	270 mm,
Kolbenhub	450 „
Versuchsdauer	30 Min.,
mittlere Tourenzahl in der Minute	137,00
Bremsleistung	16,54 PS.,
Gesammtgasverbrauch (Dresdener Leuchtgas)	5670 l,
Gasverbrauch für 1 eff. St. PS.	686 l,
Leergangsgasverbrauch stündl.	2980 l.

Bei einer grossen Anzahl von Bremsversuchen, welche in der Fabrik der obigen Firma angestellt wurden, ergaben sich folgende Werthe des Gasverbrauches, bei welchen jedoch die Temperaturen und jeweiligen Barometerstände verschieden waren, sodass die auf 0° C. und 760 mm Barometerstand reduzirten Zahlen noch günstiger sind.

Nominelle Leistung in PS.	Bremsleistung, PS.	Tourenzahl in der Minute	Gasverbrauch G_0 p. Std. u. eff. PS. in l.	Gasverbrauch G_1 beim Leerlauf in l	Leerlaufsgasverbrauch bezogen auf 1 nomin. PS.	Leerlaufsgasverbrauch G'_1 bezogen auf 1 Bremspferdestärke	$G'_1 : G_0$
½	1,2	180	1000	480	960	400	0,4
1	2,0	180	840	420	420	210	0,25
2	3,4	180	741	600	300	177	0,24
3	3,9	210	786	600	200	154	0,196
4	5,2	160	796	780	195	150	0,188
5	5,5	200	745	780	156	142	0,190
6	8,6	180	740	1260	210	147	0,200
8	10,1	160	754	1500	188	148	0,196
10	12,9	180	700	2160	216	163	0,230
12	16,54	140	686	2980	248	180	0,262
16	19,0	160	685	4200	262	221	0,322
20	24,0	160	680	4500	225	187	0,275
25	30,4	160	642	4800	192	158	0,246
30	34,2	140	600	5520	184	161	0,268

Die drei letzten[1]) Vertikalreihen geben, mit Ausnahme der $^1/_2$- und 16-pferdigen Maschinen, ziemlich übereinstimmende Werthe des Leergangsgasverbrauches, bezogen auf 1 Bremspferdestärke, welcher zwischen 142 und 210 l schwankt und im Mittel 165 l beträgt, sowie des Verhältnisses des auf 1 Bremspferdestärke bezogenen Leergangsgasverbrauches zum Gasverbrauche

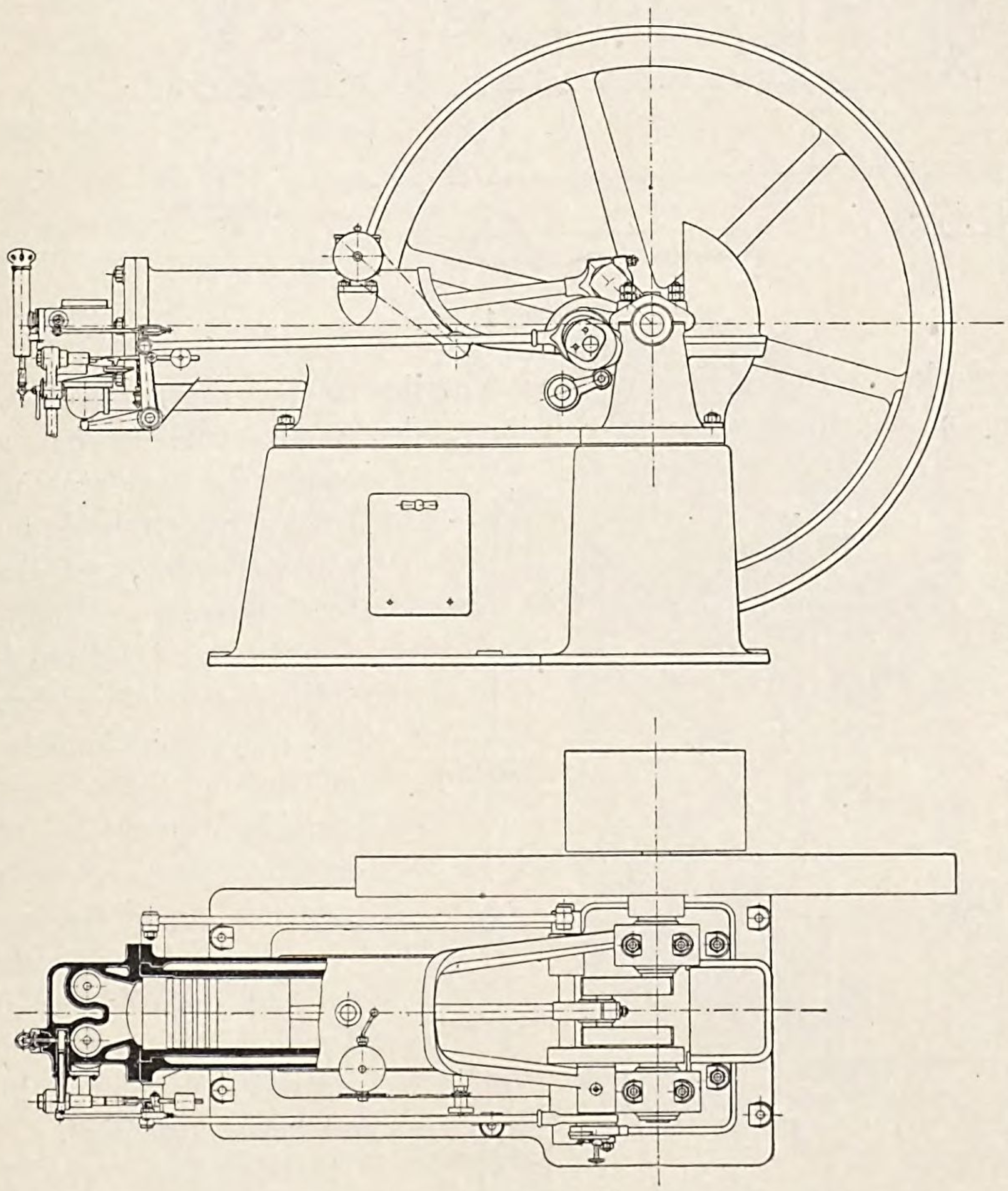


Fig. 121 und 122.

für 1 eff. PS., welche Werthe zwischen 0,188 und 0,275 schwanken, während der Mittelwerth aus allen Versuchen 0,228 beträgt.

Wenn diesen Werthen auch keine allgemeine Gültigkeit beizulegen ist, so können sie doch vielleicht für die Beurtheilung mancher anderen Maschinen dienlich sein[2]).

Sombart-Motor, ausgeführt von der Firma F. Krupp-Grusonwerk, Magdeburg-Buckau. Bei dem, in den Figg. 121 und 122 dargestellten neueren,

1) Vom Uebersetzer berechnet und hinzugefügt.

2) Vergl. die Tabelle des Gasverbrauches am Ende des Buches.

liegenden Motor der obigen Firma liegen die beiden Ventile, das Einlass- und Auslassventil, symmetrisch zur Cylinderachse im Verdichtungsraum des

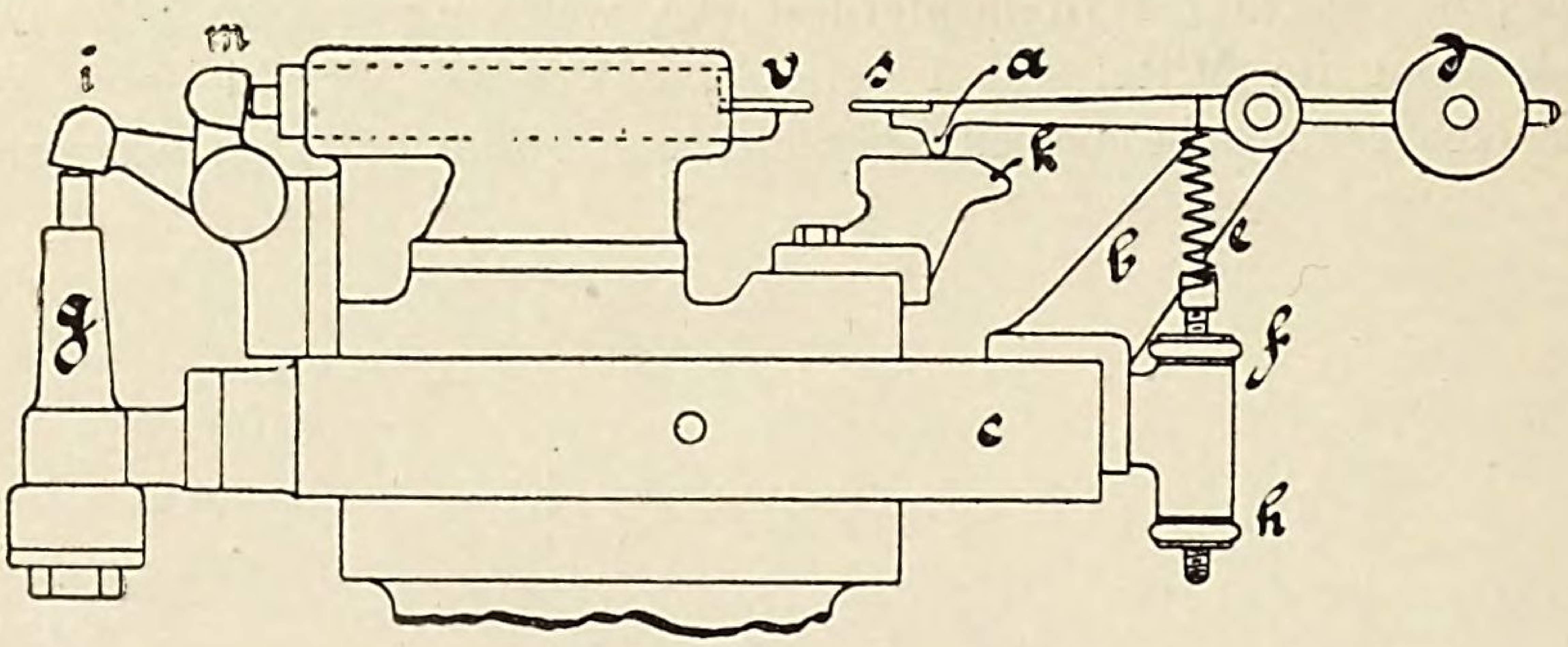


Fig. 123.

Cylinderdeckels. Die Bewegung der Ventile erfolgt durch zwei auf der Steuerwelle befestigte unrunde Scheiben, deren eine zugleich den zur Bewegung des Regulators und zum Oeffnen des Glührohrs dienenden stehenden, schwingenden Hebel bewegt.

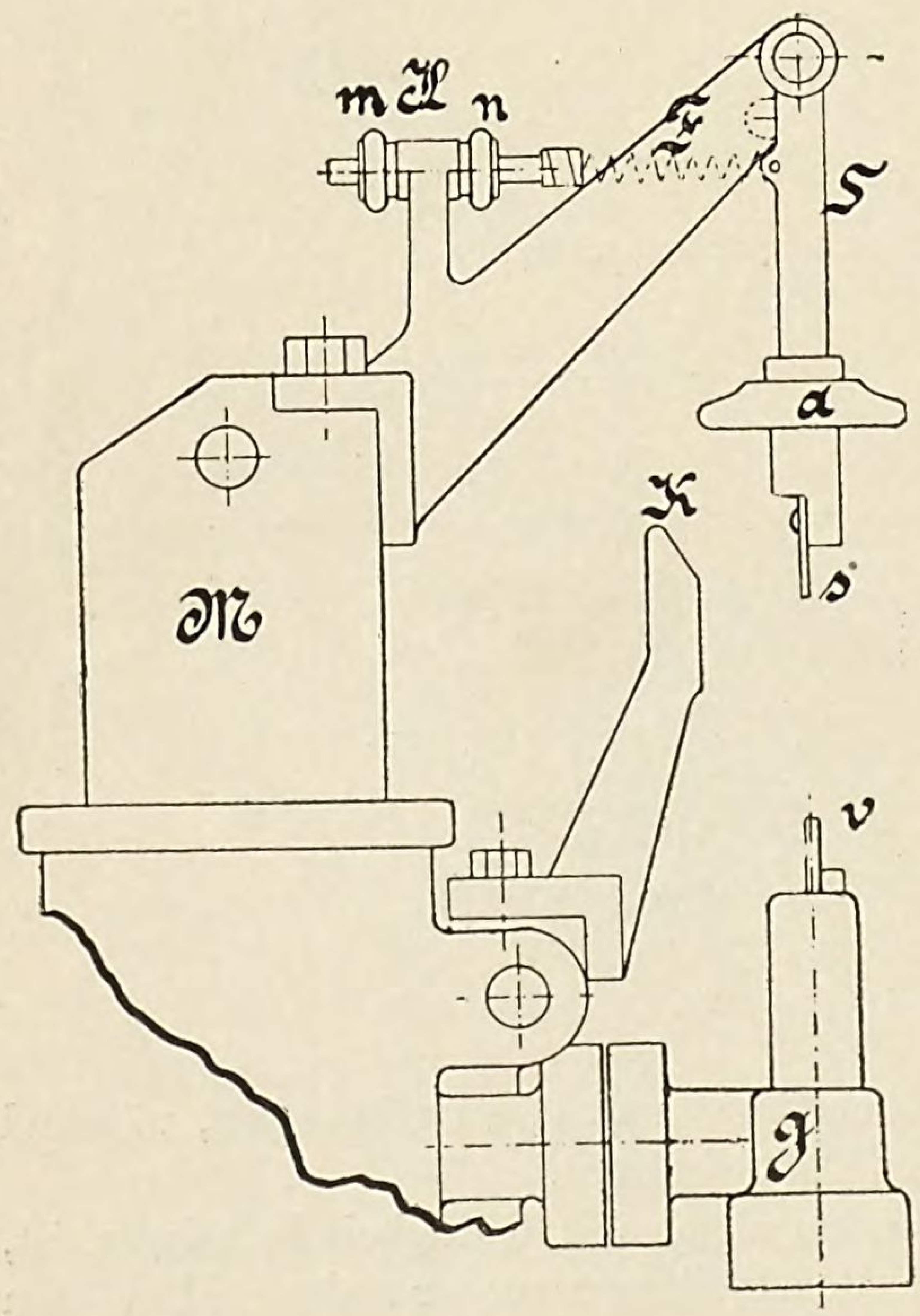


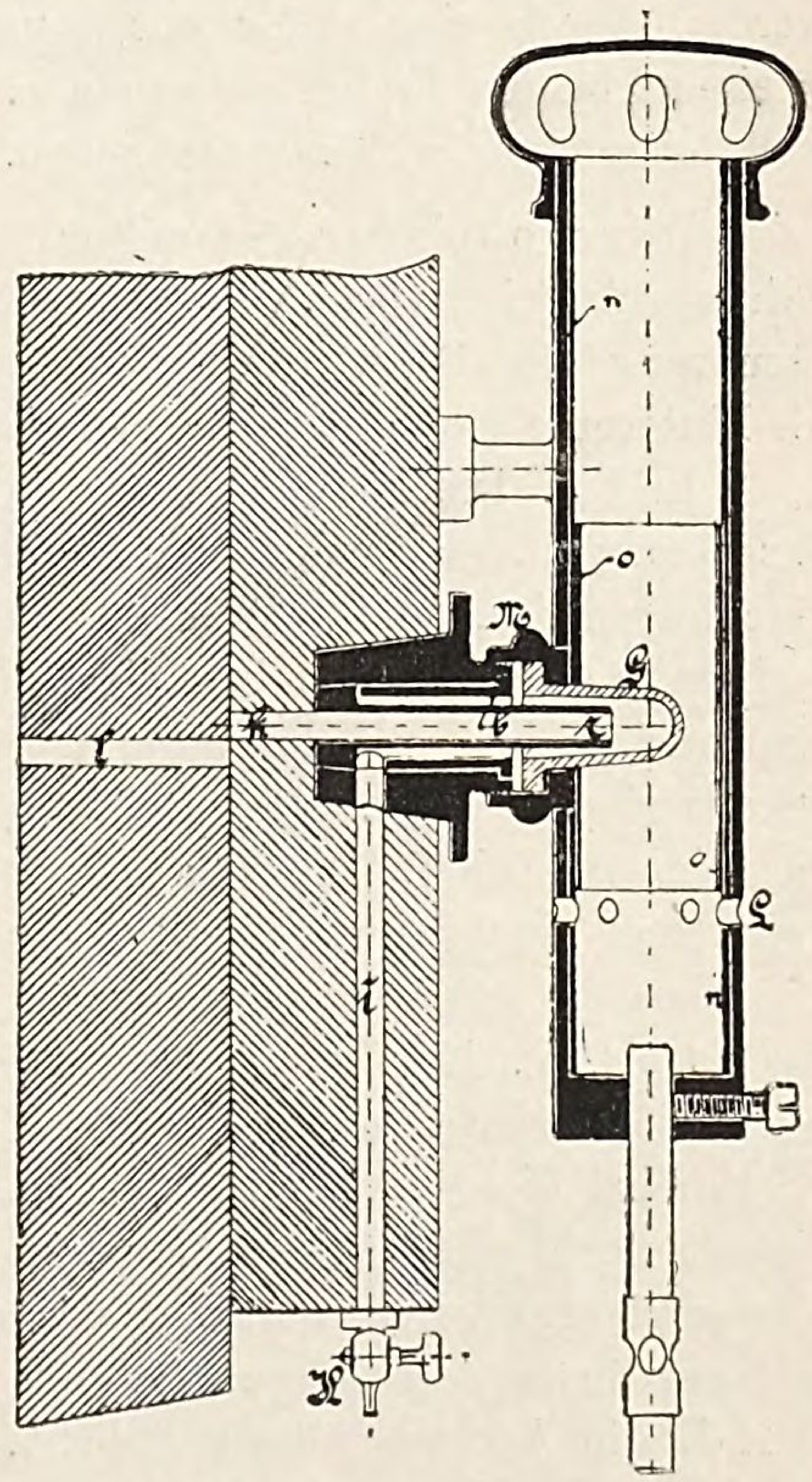
Fig. 124.

Der zum Oeffnen des Gasventils dienende Pendelregulator (Fig. 123) ist ein doppelarmiger, am linken Ende mit einer Schneide s und darunter befindlichen Nase a, am rechten Ende mit einem Gegengewicht d versehener Hebel, welcher an dem auf dem Zündschieber c sitzenden Böckchen b drehbar befestigt ist und von ihm hin- und herbewegt wird.

Die Nase des Pendels gleitet auf einer am Gasventilgehäuse befestigten Stahlplatte hin und her, welche mit einer schrägansteigenden Fläche k versehen ist. Die letztere wirft bei zu grosser Geschwindigkeit der Maschine die Nase, also auch die am linken Ende des Pendels befestigte Schneide s in die Höhe, worauf keine Berührung zwischen der letzteren und der am rechten Ende der Gasventilstange befindlichen Schneide v stattfindet, das Gasventil also auch nicht geöffnet wird.

Bei normaler Geschwindigkeit dagegen gleitet die Nase des Pendels auf der Stahlplatte hin und her und stösst mit ihrer Schneide gegen die Schneide der Gasventilstange, sodass das Ventil g vermittelst des Doppelhebels mitgeöffnet wird, und eine bestimmte Gasmenge in den Cylinder einströmt. Die Konstruktion des Sombart'schen Pendelregulators für stehende Maschinen ist in Fig. 124 abgebildet und nach dem Vorstehenden verständlich. M ist der auf- und niedergehende Schieber, an welchem der Pendelträger F befestigt ist. Durch die Schraubenmuttern f und h in Fig. 123 bezw. m und n in Fig. 124 kann das Pendel mehr oder weniger fest gegen die Platte k (Fig. 123) angezogen werden, bezw. die Geschwindigkeit der Rückkehr nach erfolgtem Ausschlag aus der horizontalen bezw. vertikalen Lage verändert werden.

Zur Zündung der Ladung dient ein von aussen durch einen Bunsenbrenner geheiztes Glührohr, welches am hinteren Ende des Einlassventilgehäuses befestigt ist und von letzterem durch einen kleinen Drehschieber abgeschlossen ist. Im Momente der Zündung wird derselbe durch den obenerwähnten stehenden Regulatorhebel in der aus Fig. 121 verständlichen Weise gedreht, sodass ein Theil der verdichteten Ladung in das Glührohr eindringen und sich dort entzünden kann.


Fig. 125.

In Fig. 125 ist der Glührohr-Zünder für stehende Maschinen abgebildet. Ein kleiner, im Schieber befindlicher Kanal l tritt im Moment der Zündung vor den, in das Innere des Rohres r führenden Kanal k und gestattet so einem Theil der Ladung, durch das Rohr r in den aus Porzellan hergestellten, mittelst der Handmutter M festgeschraubten Glühkörper G einzutreten und sich dort zu entzünden. Der Glühkörper ragt in einen eisernen Schornstein hinein, in welchen zunächst ein Asbestrohr n eingeschoben ist, welches die Fortleitung der Wärme möglichst verhindern soll. In der Umgebung des Glühkörpers ist dies Rohr noch mit einem kürzeren Messingrohr o ausgefüttert, welches bei etwaigem Zerspringen des Glühkörpers das Asbestrohr schützen soll. Unter dem unteren Rand des Messingrohrs befinden sich mehrere Löcher L für den Eintritt der zur Unterhaltung der Glühflamme erforderlichen Luft in den Schornstein. Das Innere des Glühkörpers kann

durch den lothrechten Kanal i und den Hahn H mit der Aussenluft in Verbindung gesetzt werden und etwaiges Kondenswasser durch denselben abgeblasen werden. Das Oeffnen des Hahnens H muss ab und zu geschehen, namentlich dann, wenn der Motor mehrere Male kurze Zeit in kaltem Zustand gearbeitet hat.

Der Cylinder des Sombart-Motors ist mit dem Rahmen aus einem Stück gegossen und ebenso wie der Cylinderdeckel mit Wasserkühlung versehen. Der zur Bewegung des Auspuffventils dienende Hebel und die Zugstange liegen auf der, dem Schwungrad zugekehrten Seite der Maschine, und werden durch eine unter der Steuerwelle durch das Gestell gehende Achse, zwei auf beiden Enden derselben befestigte Hebel und einen auf der Steuerwelle sitzenden Nocken angetrieben.

Dürrkopp'scher Gasmotor, ausgeführt von der Bielefelder Maschinenfabrik vorm. Dürrkopp & Co. In den Figg. 126—129 ist die Steuerung des Dürrkopp'schen Gasmotors abgebildet. Die Ventile liegen im hinteren Cylinderdeckel symmetrisch zur Cylinderachse.

In Fig. 129 ist mit f das Einlassventil, mit g das Auslassventil, mit d das Gasventil, mit e der Auspuffstutzen, an welchen die Auspuffleitung angeschlossen ist, und mit h der Glührohrzünder bezeichnet. Zwei an der rechten Seite des Cylinders liegende Hebel, a und b, werden durch zwei Excenter, welche auf der parallel zur Kurbelwelle liegenden Steuerwelle aufgekeilt sind, bewegt. Der Hebel a steuert das Auslassventil g, der Hebel b das Einlassventil f. Die vom Regulator bewegte Stange c versetzt das Hebelkreuz l in eine schwingende Bewegung, wodurch die beiden Klinken i und k abwechselnd gehoben und gesenkt werden, deren erstere vermittelst des Hebels b (Fig. 127) das Gasventil öffnet, während die letztere den Hebel a (Fig. 126) abfängt und dadurch das Auslassventil offen hält.

Wird die Maschine angelassen und hat ihre normale Betriebsgeschwindigkeit noch nicht erreicht, so ist der Regulator ohne Einwirkung auf das Gasventil und Auslassventil. Während dieser Periode liegt die Steuerstange c in ihrer äussersten linken Stellung, also auch das Hebelkreuz l, sodass der Stift l_1 die Auslassklinke k anhebt, während der Stift l_2 so tief liegt, dass der Hebel b mit seiner Stahlschneide das Gasventil d durch Anstossen an die Einlassklinke i öffnen kann.

Hat jedoch die Maschine ihre normale Geschwindigkeit überschritten, so wird die Stange c vom Regulator beim Aufsteigen der Kugeln nach rechts gezogen, wodurch der Stift l_2 die Einlassklinke i in die Höhe hebt, während der Stift l_1 die Auslassklinke k so weit niederfallen lässt, dass die Stahlschneide des Hebels k den Auslassventilhebel a auffängt (Fig. 126), das Auslassventil also so lange offen hält, bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder normal geworden und der Regulator in seine Mittellage zurückgekehrt ist. Da der Stift l_2 die Einlassklinke i gehoben hat, so kann dieselbe von der Stahlschneide des Einlasshebels b (Fig. 127) nicht getroffen, das Gasventil also auch nicht geöffnet werden.

Erst bei normaler Geschwindigkeit findet wieder ein Anstossen der Stahlschneide des Einlasshebels b an die Einlassklinke i und dadurch ein Oeffnen des Gasventils statt.

Der Auslassventilhebel a hat am oberen Ende, wo die Excenterstange

Steuerung der lieg. Gasmaschinen System Dürkopp.

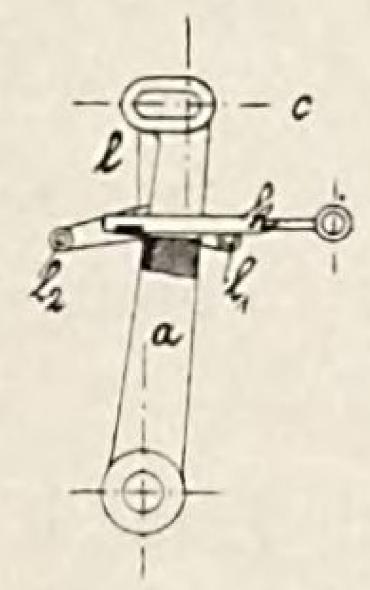


Fig. 126.

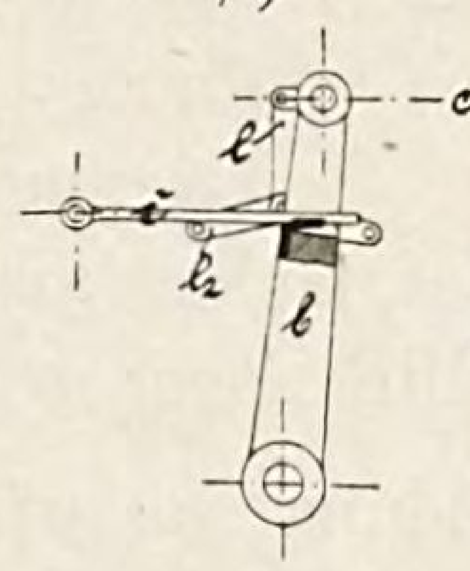


Fig. 127.

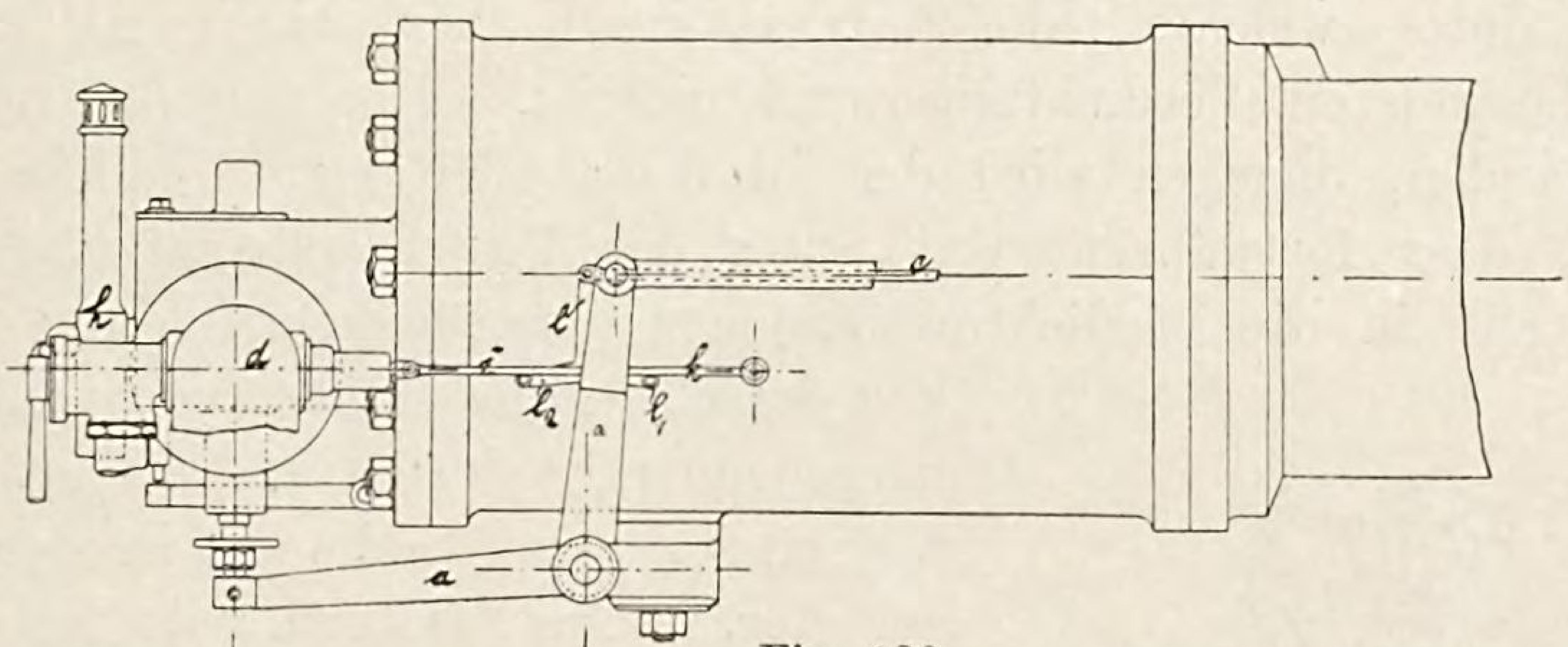


Fig. 128.

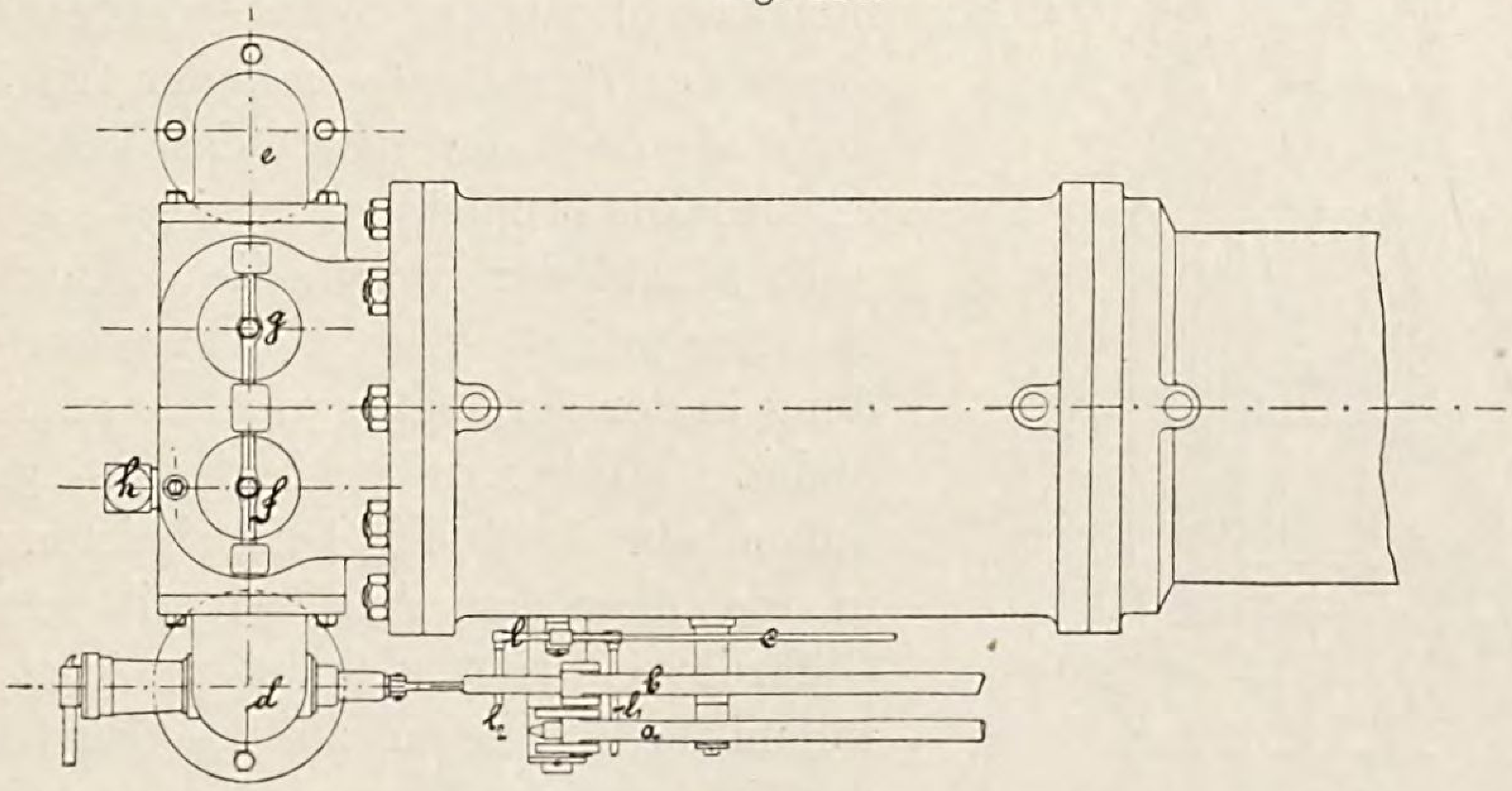


Fig. 129.

anfasst, ein längliches Auge, damit sich der Bolzen dieser Stange, so lange der Hebel a abgefangen ist, darin hin- und herbewegen kann.

Die Zündung geschieht durch einen gesteuerten Glühzünder, dessen Glührohr aus Porzellan oder aus einer nichtoxydirbaren Nickel-Eisen-Legierung hergestellt ist[1]).

[1]) Bezüglich der Konstruktion des Cylinders und Ventilgehäuses sei auf den weiter unten beschriebenen Dürrkopp'schen Petroleummotor verwiesen.

Gasmotor der Roots Economic Gas Engine Co. in London. Derselbe arbeitet nach dem Viertakt, gehört also aus diesem Grunde ebenfalls zu den Maschinen der Gruppe A der zweiten Klasse, indessen unterscheidet er sich wesentlich von allen Maschinen dieser Gruppe dadurch, dass nicht eine einmalige, sondern eine doppelte Zündung der Ladung, bezw. zwei nacheinander folgende Explosionen beim Arbeitshube stattfinden. Zu diesem Zwecke wird ein Theil der Ladung erst entzündet, wenn der Kolben ungefähr in der Mitte seines Hubes angekommen ist, wodurch das Diagramm die in Fig. 130 dargestellte Form erhält.

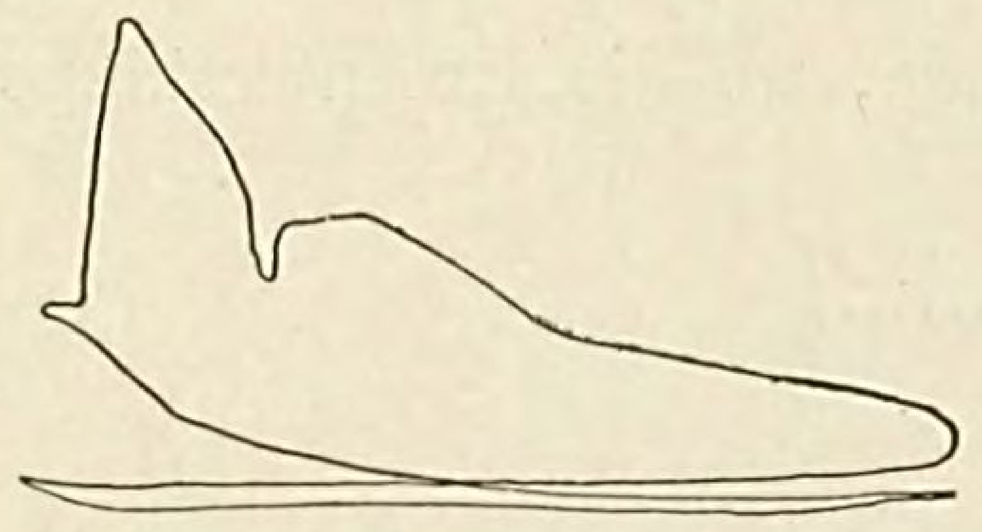


Fig. 130.

Um diese Nachzündung auszuführen trägt die Maschine ein Ventil b (Fig. 131), durch welches beim Saughub des Kolbens ein Theil der Ladung in einen besonderen Verdichtungsraum eintritt. Ein Gasabsperrventil ist nicht vorhanden, dagegen wird der in der Gasleitung befindliche Hahn so eingestellt, dass fortwährend Gas unter das Ventil b strömt und sich hier sammelt. Die in die Verdichtungskammer einströmende Ladung verdrängt aus derselben die Rückstände von der vorhergehenden Explosion und strömt durch die Oeffnung a auch theilweise in den Arbeitscylinder. Beim Niedergang des Kolbens wird nun sowohl das im Cylinder enthaltene Gemisch der Rückstände mit der frischen Ladung als auch der Inhalt des Verdichtungsraumes komprimirt, ersteres jedoch stärker, weil, sobald der Kolben die Oeffnung a abgeschlossen hat, keine Kompression der Ladung in der Verdichtungskammer mehr stattfindet. Wird nun im Todpunkt gezündet, indem ein Theil der komprimirten Ladung in ein über dem Auslassventil befindliches Glührohr eintritt, so findet zunächst die gewöhnliche Explosion statt. Giebt hierauf der Kolben die Oeffnung a frei, so entzündet sich die im Verdichtungsraum enthaltene Ladung gleichfalls und bewirkt eine nochmalige Drucksteigerung im Cylinder, welche im Diagramm deutlich erkenntlich ist. Das Auslassventil c wird in der aus der Figur leicht verständlichen Art und Weise durch ein Excenter bewegt. Die beschriebene Maschine war auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893 ausgestellt.

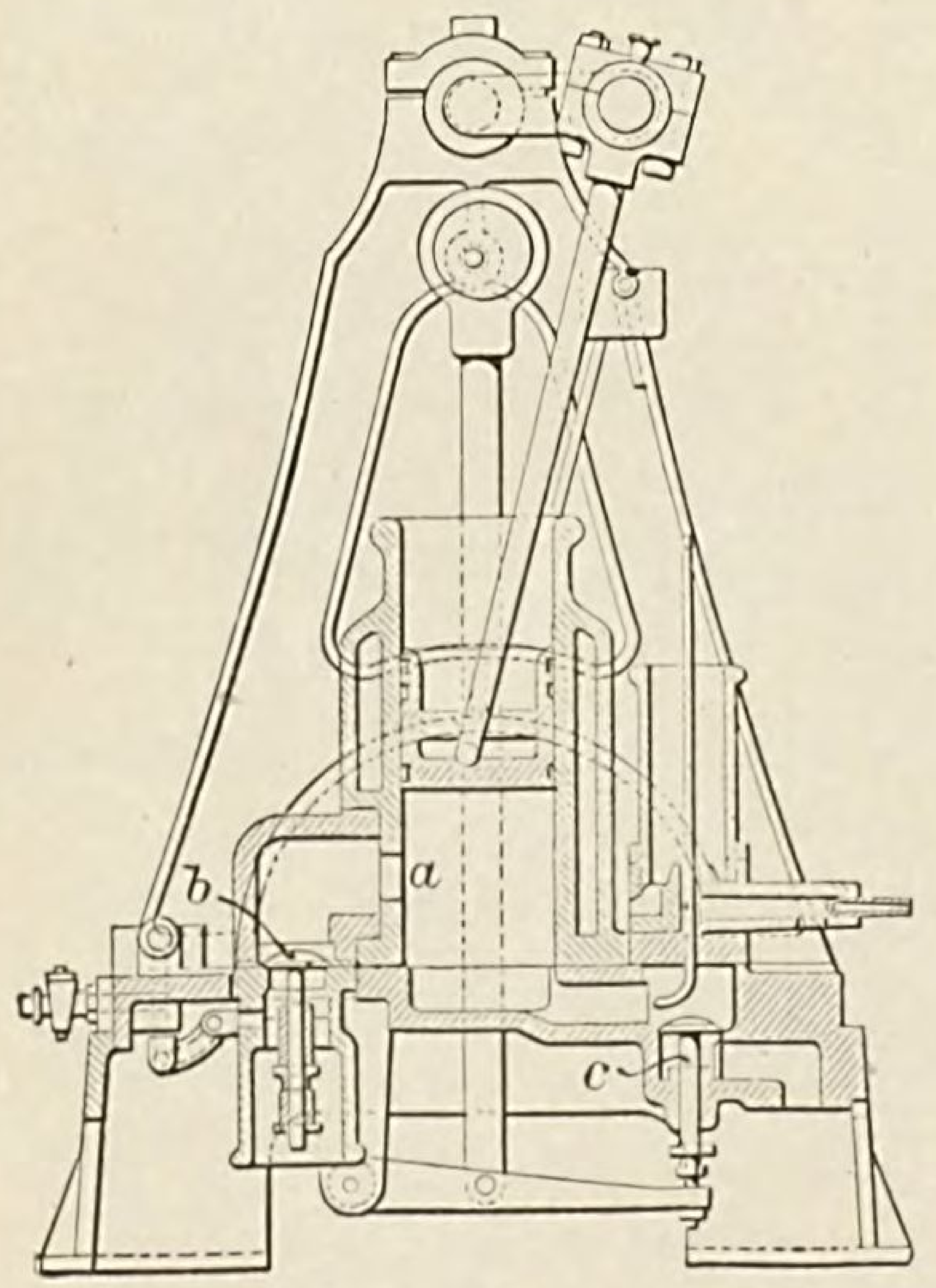


Fig. 131.

Gruppe B.

Wie bereits weiter oben mitgetheilt wurde, gehören hierher alle jene mit Kompression arbeitenden Maschinen der zweiten Klasse, bei welchen bei jeder Umdrehung auf ein und derselben Kolbenseite eine Explosion stattfindet. Zu dieser Gruppe sind die ersten Kompressionsmaschinen, welche überhaupt erfunden worden sind, zu rechnen. Dieselben arbeiteten genau wie die Maschinen der ersten Klasse, indem die Ladung während eines gewissen Bruchtheils des Kolbenhubes in den Cylinder eingesaugt wurde, hierauf die Zündung stattfand und der Kolben seinen Hub vollendete, wobei jedoch die Ladung nicht mit atmosphärischem Druck, sondern unter höherem Druck aus einem Reservoir in den Cylinder geschafft wurde, nachdem sie durch eine besondere Kompressionspumpe in dasselbe komprimirt worden war. Diese Maschinen haben jedoch nur noch geschichtliches Interesse und sollen daher nicht weiter behandelt werden. Erst nachdem die Otto'sche Maschine die Vortheile des Kreisprozesses von Beau de Rochas in unwiderleglicher Weise dargethan hatte, fanden auch die Maschinen der Gruppe B in der Praxis Eingang.

Eine Anzahl von Erfindern, welche mit den Resultaten der Otto'schen Maschine noch nicht zufrieden waren, suchten Maschinen zu bauen, welche unter Beibehaltung des Beau de Rochas'schen Kreisprozesses bei jeder Umdrehung eine Explosion ausführten und in Folge dessen einen gleichmässigeren, ruhigeren Gang besässen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es nothwendig, die vier Operationen des Kreisprozesses nur während zweier Hübe auszuführen. Mit Hilfe von Pumpen, Zwischenbehältern und anderen Vorrichtungen lassen sich die beiden Hübe des Ansaugens und des Auspuffs entbehren. Die vorher bereits komprimirte Ladung tritt in den Cylinder ein und treibt die Verbrennungsprodukte vor sich her aus dem Cylinder heraus.

Der Erste, welcher (im Jahre 1879) die Idee dieser Maschinen zur Ausführung brachte, war der englische Ingenieur D. Clerk. Seine Maschine, welche jedoch erst im Jahre 1881 in die Praxis Eingang fand, hat während längerer Zeit einer Anzahl von Erfindern zum Vorbild gedient.

Unter den nach dem Clerk'schen Typus seit dem Jahre 1881 gebauten Maschinen sind diejenigen von Körting, Stockport, Robson, Baldwin, Clerk und Mire zu erwähnen. Alle diese Maschinen haben dieselbe Wirkungsweise und unterscheiden sich nur durch ihre Konstruktion von einander. Bei allen findet sich eine Kompressionspumpe, welche durch eine Rohrleitung mit dem hinteren Ende des Cylinders verbunden ist. Diese Pumpe, welche bei ihrem Aushub die Ladung ansaugt, drückt dieselbe beim Rückgang in den Arbeitscylinder, sobald der Kolben des letzteren während seines Aushubes bei einer gewissen Stellung die zum Auspuff dienenden Oeffnungen im Cylinder freilässt. Die mit Druck einströmende frische Ladung verdrängt hierbei die Verbrennungsprodukte in die äussere Luft, während der Kolben seinen Aushub vollendet.

Beim Rückgang treibt der Kolben zunächst noch den Rest der Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder und verdichtet hierauf die Ladung noch mehr, bis nach vollendetem Rückhub die Explosion und Expansion stattfindet und die ersten Vorgänge sich wiederholen. Der Kreisprozess dieser Maschinen lässt sich daher in folgendem Schema darstellen:

Kompressions- pumpe [1])	Aushub Rückhub	Widerstand leistend	1. Ansaugen des Gemisches. 2. Verdrängen des verdichteten Gemisches, sei es direkt in den Arbeitscylinder oder in einen Zwischenbehälter.
Arbeitscylinder	Ende des Aushubes	Widerstand leistend	1. Eintritt der Ladung unter Druck in den Cylinder (von der K.-Pumpe oder einem Zwischenbehälter her). 2 Austreiben der Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder durch die frische Ladung.
	Rückhub	Widerstand leistend	3. Austreiben der Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder durch den Kolben. 4. Noch weitere Verdichtung der Ladung.
	Anfang des Aushubes	Arbeit- leistend	5. Explosion. 6. Expansion

Bei den Maschinen des Clerk'schen Systems ist die Expansion unvollkommen, auch findet eine theilweise Mischung der Verbrennungsprodukte mit den frischen Ladungen statt. Diese Maschinen sind im Allgemeinen weniger sparsam als die Maschinen der Gruppe A. Dafür ist ihr Gang gleichmässiger und geräuschloser, jedoch meistens auf Kosten des Gasverbrauchs. Auch ist die Gefahr von Explosionen in Folge der Anhäufung von Gas in der Pumpe oder im Zwischenbehälter vorhanden.

Die Steuerung, Zündung, Kühlung und Schmierung der Maschinen nach dem Clerk'schen System geschieht wie bei den Maschinen der Gruppe A. Die Bewegung der Steuerungsorgane etc. erfordert jedoch keine Zwischenwelle, sondern kann direkt von der Kurbelwelle erfolgen. Die Regulirung geschieht meistens durch Aussetzen der Ladungen und ist leichter auszuführen als bei den Maschinen der Gruppe A, da der Gang der Maschinen ein gleichmässigerer ist.

Die ältere Maschine von Clerk (1879—1881) bestand aus einem Arbeitscylinder und einem seitlich neben diesem liegenden Kompressionscylinder, welche beide miteinander durch ein am hinteren Ende des Cylinder befindliches, senkrecht zu den Achsen liegendes Rohr in Verbindung standen.

Die von der Kurbelwelle angetriebene Kompressionspumpe saugte zuerst eine bestimmte Gemischmenge, hierauf noch eine bestimmte Menge reiner Luft an, und drückte diese beiden Ladungen in umgekehrter Reihenfolge in

1) Die Aus- und Einhübe der Kompressionspumpe und des Arbeitscylinders sind unabhängig von einander.

den Cylinder, wodurch verhindert werden sollte, dass die Verbrennungsprodukte mit dem Gasgemisch in Berührung kämen und sich mit demselben mischten. Die Steuerung erfolgte durch einen hin- und hergehenden Flachschieber und die Zündung gleichfalls durch diesen Schieber durch eine Vermittelungsflamme.

Im Jahre 1887 baute Clerk seine Maschine um, und gab ihr eine wesentlich praktischere Form. Die Ladung frischer Luft wurde ebenso wie der Schieber fortgelassen, und zur Steuerung nur Ventile, zur Zündung ein Glührohr angewandt.

Der 1881 erfundene und 1883 verbesserte Körting'sche Motor war stehend und hatte zwei nebeneinanderliegende Cylinder, den Arbeits- und Kompressionscylinder. Die Regulirung erfolgte durch Aussetzen der Ladungen, wobei die von der Kompressionspumpe verdichtete Füllung in ein besonderes Reservoir gedrückt wurde, von wo sie beim nächsten Ansaugen wieder entnommen wurde. Die Zündung geschah durch eine, dem bereits beschriebenen Körting'schen Zündrohr ähnliche Vorrichtung.

Bei dem im Jahre 1883 von Andrew erfundenen Stockport-Motor war gleichfalls ein Arbeits- und ein Kompressionscylinder vorhanden, welche beide einfach wirkend und mit dem Gestell aus einem Stück gegossen waren, einander jedoch gegenüberlagen, während die Kurbelwelle zwischen ihnen lag. Beide Kolben waren durch eine Stange fest miteinander verbunden, während die Kurbel der, in einer seitlichen Erweiterung des Gestelles gelagerten Kurbelwelle vom Arbeitskolben durch eine Pleuelstange angetrieben wurde. Die Maschine besass ferner zwei, von einem einzigen Excenter bewegte, hin- und hergehende Flachschieber. Der eine dieser Schieber lag horizontal, war seitlich am hinteren Ende des Arbeitscylinders angebracht und diente zur Zündung durch eine Vermittelungsflamme, der andere, welcher sich vertikal auf und nieder bewegte, befand sich in einem, die beiden Cylinderenden miteinander verbindenden, im Gestell liegenden Kanal und diente dazu, zunächst Gas und Luft in die Kompressionspumpe einzulassen und sodann die verdichtete Ladung aus letzterer in den Arbeitscylinder überzuleiten.

Während die Luft direkt von aussen angesaugt wurde, kam das Gas aus einer, mit einem, vom Regulator beeinflussten Regulirventil versehenen Gasleitung. Die letztere mündete in den Arbeitscylinder und besass dort ein Ventil, welches sich unter dem Druck der verdichteten Ladung öffnete, sobald der Kolben beim Aushub nach erfolgter Expansion die Auspufföffnung freilegte.

Bei der Maschine von Robson (1883) dient die vordere, geschlossene Cylinderhälfte als Kompressionscylinder. Die Wirkungsweise ist genau dieselbe wie bei der Maschine von Stockport, nur erfolgt die Steuerung durch Ventile und die Zündung durch ein Zündrohr nach Art des Körting-schen Zünders.

Zur Verbindung beider Cylinderseiten dient ein im Gestell der Maschine

angebrachtes Verbindungsrohr, während der Auspuff durch ein, von der Kurbelwelle mittelst eines Excenters bewegtes Auslassventil stattfindet.

Die Maschinen von Baldwin (1883—1885) und Mire (1889) sind zweifellos die interessantesten von allen zu dieser Gruppe gehörigen Maschinen.

Bei der ersteren dient, wie bei Robson, die vordere Cylinderhälfte als Kompressionspumpe, und sind beide Cylinderseiten durch ein Rohr verbunden, welches mit einem Saugventil zum Ansaugen des Gases und der Luft versehen ist. Das Verbindungsrohr mündet am hinteren Cylinderende in eine Vorkammer, welche mit dem Cylinder nur durch eine, in der Mitte der die beiden Räume trennenden, ausgehöhlten Scheidewand befindliche kleine Oeffnung in Verbindung steht. Diese Anordnung hat den Zweck, die Verbrennungsprodukte nach dem Mittelpunkt des Cylinders zu treiben und jedes Mischen derselben mit der Ladung zu verhindern. Diese Oeffnung zwischen der Zuleitung und dem Explosionsraum ist durch ein selbstthätiges Ventil abgeschlossen. Der Auspuff erfolgt durch eine Oeffnung in der Cylinderwandung, welche kurz vor der Endstellung des Kolbens frei wird. Die Wirkungsweise dieser Maschine ist dieselbe wie diejenige der Maschinen von Stockport und Robson. Die Zündung geschieht elektrisch, indem der Zündfunken durch Ablenkung des in einer Drahtspirale erzeugten, induzirten Stromes in den Zünder gebildet wird, während der Primärstrom durch eine kleine, von der Maschine mittelst einer vom Schwungrad betriebenen Friktionsrolle bewegte Dynamomaschine erzeugt wird.

Im Moment des Anlassens muss jedoch die Welle der Dynamomaschine bereits eine genügende Geschwindigkeit haben, damit der Strom erzeugt wird.

Zu diesem Zweck trägt die Welle der Dynamomaschine noch eine zweite, kleinere Friktionsrolle, welche während des Anlassens mit dem Schwungrad in Berührung gebracht, jedoch nach dem Anlauf der Maschine durch die grössere Rolle wieder ersetzt wird. Um dieses Auswechseln leicht ausführen zu können, ist die Dynamomaschine am äusseren Ende eines, um einen im Fundament befestigten Drehzapfen schwingenden Hebels befestigt, an welchem sie auch auf und nieder verstellt werden kann.

Der Zünder befindet sich im hinteren Cylinderdeckel. Die Kühlung geschieht durch Wassercirkulation.

Die Regulirung kann auf folgende drei, von einander verschiedene Arten ausgeführt werden: 1. Durch Veränderung der Ladungsmenge, 2. durch theilweises Absperren der Gaszuströmung und 3. durch vollständiges Absperren derselben.

Diese verschiedenen Methoden werden nicht zugleich, sondern jede für sich angewandt, je nachdem die eine oder andere nicht genügt.

Wächst die Geschwindigkeit nur bis zu einer gewissen, nicht zu hoch liegenden Grenze, so hebt ein auf das Einlassventil wirkender Nocken dasselbe je nach der wechselnden Geschwindigkeit mehr oder weniger hoch, wodurch die Ladungsmenge im umgekehrten Verhältniss zur Geschwindigkeit verändert wird.

Je mehr daher die Geschwindigkeit wächst, desto mehr wird die Ladung durch die Verbrennungsprodukte verdünnt. Um jedoch eine zu starke Verdünnung bei wachsender Geschwindigkeit zu verhindern, ist diese Art der Regulirung von der zweiten durch theilweises Absperren der Gaszuströmung begleitet.

Hat endlich die Maschine die Neigung durchzugehen, so tritt die Regulirung durch vollständigen Abschluss der Gaszuströmung so lange in Thätigkeit, bis die Geschwindigkeit der Maschine wieder auf ihren normalen Betrag gesunken ist.

Das Anlassen ist durch einen auf dem Verdichtungsraum angebrachten Hahn erleichtert.

Die Maschine von Brayton läuft mit grosser Geschwindigkeit und dabei geräuschlos und gleichmässig.

Die Mire'sche Maschine neuester Konstruktion (1889) zeigt grosse Aehnlichkeit mit den Maschinen von Robson und Baldwin. Sie hat die Eigenthümlichkeit, dass sie vorwiegend für kleine Leistungen berechnet ist und schon von $^1/_3$ PS. an gebaut wird. Sie kann rechts- oder linksherum laufen, mit Leuchtgas oder karburirter Luft betrieben werden und ist dabei verhältnissmässig billig. Die Maschine von $^1/_3$, $^1/_2$, 1 und 2 PS. kosten nur 600, bezw. 800, 1200 und 1800 Frcs. (ohne Sockel).

Ausser den soeben behandelten Maschinen der Gruppe B der zweiten Klasse giebt es jedoch noch einige, von denselben in ihrer Konstruktion und Wirkungsweise wesentlich verschiedene Maschinen, zu welchen die Maschinen von Benz (1884) und Ravel (1888) gehören, die im Folgenden näher behandelt werden sollen.

Die Maschine von Ravel ähnelt den Maschinen nach dem Clerk'schen System, jedoch besteht die Uebereinstimmung nur darin, dass Luft und Gas von der Maschine getrennt angesaugt und hierauf in zwei besondere Behälter gedrückt werden, von wo aus sie in besonderer Leitung zuströmen, sich hierauf erst beim Zusammentreffen vor dem Cylinder mischen, in denselben einströmen und die Verbrennungsprodukte vor sich hertreiben. Die Maschine von Ravel besitzt demnach zwei Kompressionspumpen und zwei Behälter an Stelle einer Pumpe und eines Behälters bei den Maschinen des Clerk'schen Systems, mit welchen sie im übrigen alle Vor- und Nachtheile gemein hat.

Die Arbeitsweise des Benz'schen Motors ist dagegen von derjenigen der vorbesprochenen Maschinen vollkommen verschieden. Dieselbe soll weiter unten näher besprochen werden, während an dieser Stelle nur bemerkt werden mag, dass die Expansion viel vollständiger ist, und das Austreiben der Verbrennungsprodukte durch reine Luft und nicht durch die Ladung selbst erfolgt. Hieraus lässt sich sofort ersehen, dass der Benz'sche Motor der beste der Gruppe B ist, deren Hauptvortheile er besitzt, ohne von ihren Hauptfehlern in so ausgesprochenem Maasse wie die übrigen Maschinen behaftet zu sein, wogegen man ihm den Vorwurf einer komplizirteren Konstruktion nicht ersparen kann.

Mit Ausnahme des Benz'schen Motors, welcher fast überall verbreitet ist, werden die Maschinen der Gruppe B, höchstens abgesehen von England, kaum noch gebaut.

Ihr Gasverbrauch ist im Allgemeinen grösser, als derjenige der Maschinen der Gruppe A (ungefähr 1000 l für 1 St.-Pferd) und ist auch ihre Konstruktion komplizirter als diejenige der Maschinen der ersten Gruppe. In Folge ihres gleichmässigen, sanften und geräuschlosen Ganges und der Leichtigkeit der Geschwindigkeitsregulirung waren sie einige Jahre hindurch sehr beliebt, sind jedoch durch die stets verbesserten Maschinen der Gruppe A bald überholt worden.

Gegenwärtig geben auch die Zwillingsmaschinen der Gruppe A hinsichtlich der Gleichmässigkeit des Ganges vollkommen befriedigende Resultate.

Indessen sind die Maschinen der Gruppe B dort immer noch am Platze, wo eine sehr grosse Gleichmässigkeit erforderlich ist und wird die letztere namentlich dann in hohem Grade erreicht, wenn zwei Cylinder vorhanden sind, also bei jeder halben Umdrehung, genau wie bei doppeltwirkenden Dampfmaschinen, eine Arbeitsleistung stattfindet.

Maschine von Benz. Dieselbe hat eine Arbeitsweise, welche von derjenigen der anderen Maschinen der Gruppe B vollkommen abweicht. Wie sofort vorausgeschickt werden soll, werden Gas und Luft in zwei verschiedenen Cylindern komprimirt.

Nach erfolgter Explosion wird der Kolben nach vorwärts geschleudert, worauf die Expansion stattfindet und der Kolben schliesslich in seine äusserste Stellung kommt. Vom ersten Augenblicke des Rückganges an ist das Auslassventil offen und lässt einen Theil der Verbrennungsprodukte ausströmen. $^1/_{30}$ Sekunde nach dem Oeffnen des Auslassventils hebt sich jedoch das Luftventil von seinem Sitz, so dass komprimirte Luft in den Cylinder einströmt und die Verbrennungsprodukte gänzlich austreibt.

Ist der Kolben jedoch in der Mitte seines Rückganges angekommen, so schliessen sich beide Ventile, während sich das Gasventil einen Moment öffnet, eine bestimmte Gasmenge unter Druck einströmen lässt und sich hierauf wieder schliesst. In diesem Augenblick ist auch der Kolben bereits in seiner inneren Endstellung angekommen, worauf die Explosion erfolgt.

Diese Arbeitsweise hat vor derjenigen der Clerk'schen Maschine den Vortheil einer vollkommeneren Expansion und eines reineren Gasgemisches voraus, da die Luft die Verbrennungsprodukte vollständig verdrängt.

Auf den ersten Blick erscheint der Benz'sche Motor als recht komplizirt, indessen wird die folgende Betrachtung lehren, dass dies nicht der Fall ist.

Wie bei Otto und verschiedenen anderen Maschinen ist der Cylinder freitragend am Gestell befestigt. Die Bewegung des Kolbens wird zunächst auf einen in einer Gradführung geführten Kreuzkopf C (Fig. 132) übertragen, welche Konstruktion dadurch erforderlich wird, dass der Cylinder auf beiden Seiten

geschlossen ist. Am hinteren Ende des Cylinders liegt wie bei allen Maschinen die Explosionskammer, während die vordere Cylinderseite als Kompressions-

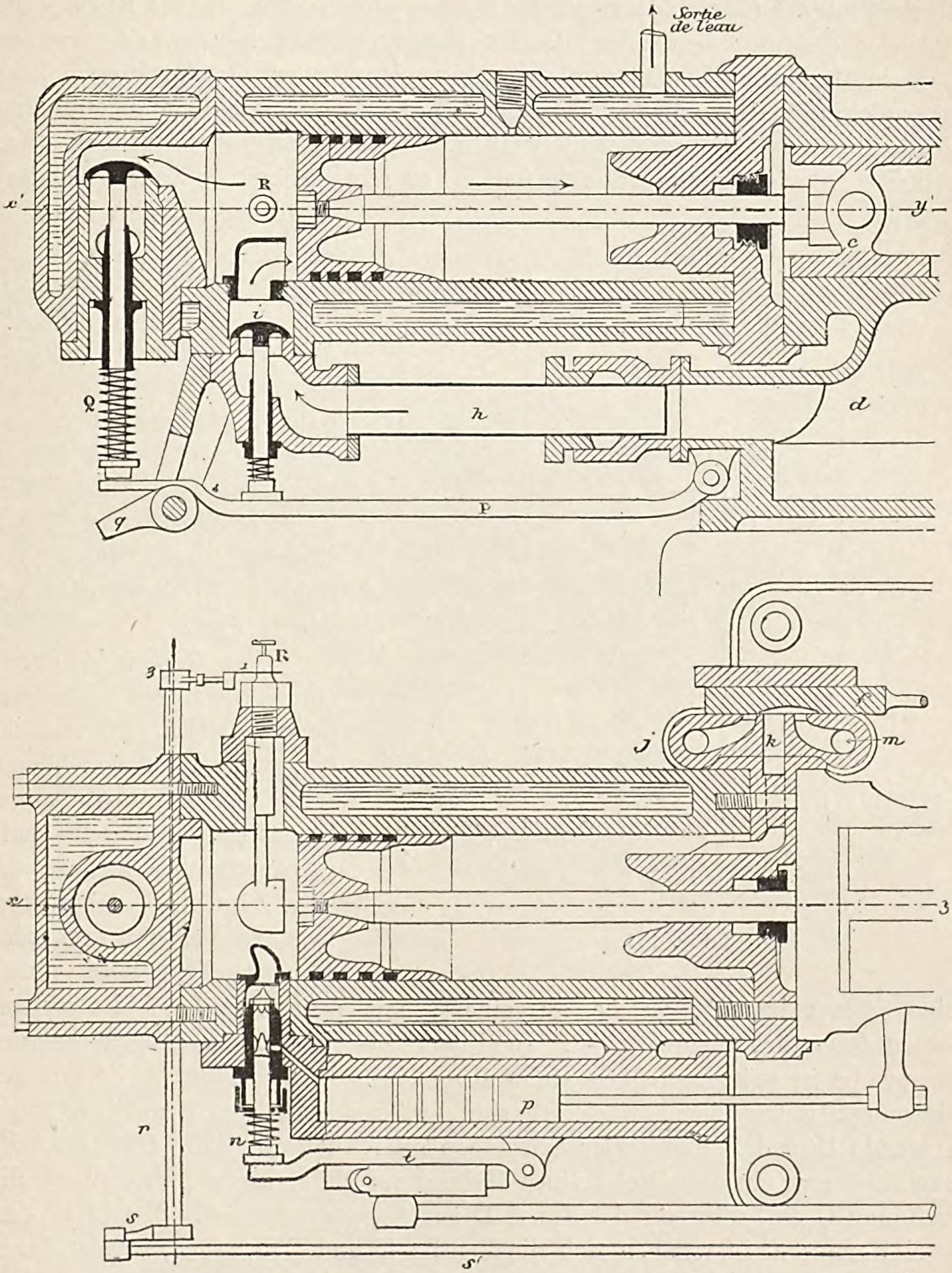


Fig. 132 und 133.

pumpe für die Luft dient, welche auf diese Weise auch ein elastisches Kissen während der Explosion bildet und den Kolben abkühlt. Die komprimirte

Luft wird in den Sockel geschafft, welcher mit einem Sicherheitsventil versehen ist, um eine zu grosse Drucksteigerung zu verhindern.

Der Einlass der Luft in den Cylinder und in den Sockel wird durch einen Flachschieber f (Fig. 133) regulirt, welcher durch ein auf der Kurbelwelle sitzendes Excenter bewegt wird. Da dieser Schieber nur mit der reinen Luft in Berührung kommt, welche nur wenig wärmer als die äussere Luft ist, so kann derselbe nicht mit dem bei den älteren Gasmaschinen angewandten Vertheilungsschieber verglichen werden. Seine Wartung ist daher auch keinerlei Schwierigkeiten unterworfen, da er nur von Zeit zu Zeit geschmiert zu werden braucht. Die Luft tritt aus dem vorderen Cylinderraum durch das Rohr h und das Ventil i auf die Arbeitscylinderseite über, während dieselbe durch das Rohr j von aussen in die Kompressionscylinderseite angesaugt wird, durch den Kanal k in den Cylinder einströmt und durch das Rohr m in den Sockel geschafft wird.

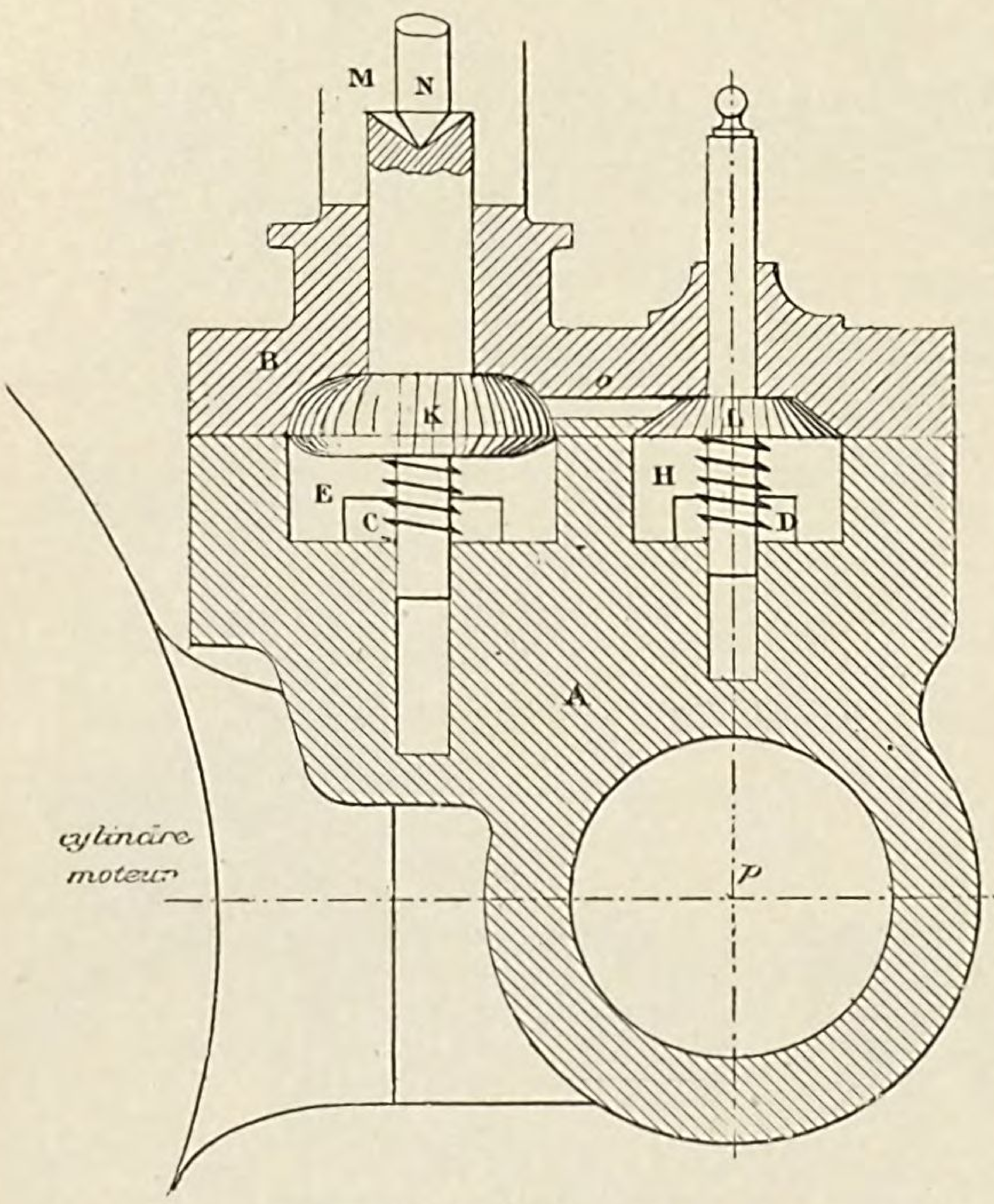


Fig. 134.

Das Gas wird durch eine besondere Plungerpumpe p (Fig. 133) verdichtet, welche an der Längsseite des Cylinders angebracht ist. In dieselbe tritt es durch das horizontale, dem Zünder R gegenüberliegende Ventil n ein. Der Plungerkolben wird durch eine Stange bewegt, welche an einem, mit dem Kreuzkopf festverbundenen Querstück befestigt ist. In Figur 134 ist das Ventilgehäuse der Gaspumpe in grösserem Maassstabe abgebildet. Das Gehäuse A ist mit der Gaspumpe p aus einem Stück gegossen, während der den Regulatorständer tragende Deckel B durch vier Schrauben an A befestigt ist. Das Gas tritt zunächst aus einem mittelst eines Hahnes verschliessbaren Rohrs durch die Oeffnung C ein, während der Kanal D zur Gaspumpe führt. E und H sind zwei Kammern, in welchen sich die Ventile K und L bewegen, welche durch je eine Feder auf ihren Sitzen fest gehalten werden.

Das Ventil K kann von seinem Sitz durch die vom Regulator verschobene Stange N bewegt werden. Ein Kanal o verbindet die beiden Ventile K und L. Die Stange N öffnet, je nach der Geschwindigkeit der Ma-

schine, das Ventil K mehr oder weniger. Eine bestimmte, mit der Geschwindigkeit der Maschine wechselnde Gasmenge wird somit in die Kammer H eintreten, sobald das Ventil L sinkt. Letzteres ist der Fall, wenn sich mit dem Arbeitskolben auch der Gaspumpenkolben nach erfolgter Explosion vorwärts bewegt und in der Pumpe p eine Luftverdünnung erzeugt.

Das Lufteinlassventil i und das Auspuffventil Q werden durch einen Hebel P bewegt, welcher seinerseits durch einen auf einer schwingenden Welle r befestigten Nocken q gehoben wird. Die Bewegung der Welle r geschieht durch eine, auf ihr am einen Ende befestigte kleine Kurbel s und eine Stange s′. Ein auf der Kurbelwelle sitzendes Excenter bewegt mittelst eines gekröpften Hebels t das Gaseinlassventil n. Die Zündung erfolgt elektrisch, und wird durch Ableitung des induzirten Stromes einer mit zwei Chromelementen verbundenen Spule in die Zündvorrichtung R erreicht.

Der zum Ableiten des elektrischen Stromes dienende Apparat besteht aus einer Feder 1 (Fig. 135), welche durch den Hebel r und den in der Kupferhülse 6 verschiebbaren Stahlstab 4 in Schwingungen versetzt wird. Die Kupferhülse 6 und der Stahlstab 4 sind in den Punkten 7 bezw. 5 mit den Hebeln 8 bezw. 3 drehbar verbunden. Für gewöhnlich liegt die Feder 1 an dem Stift 9 des mit dem positiven Pol der Spirale verbundenen Zünders an. Der Strom geht hierbei durch den Stift 9, den Hebelmechanismus und die Maschine zur Spirale zurück. Wird jedoch im Moment der Zündung die Feder 1 vom Stift 9 entfernt, so springt der Funken im Zünder über und bewirkt die Explosion.

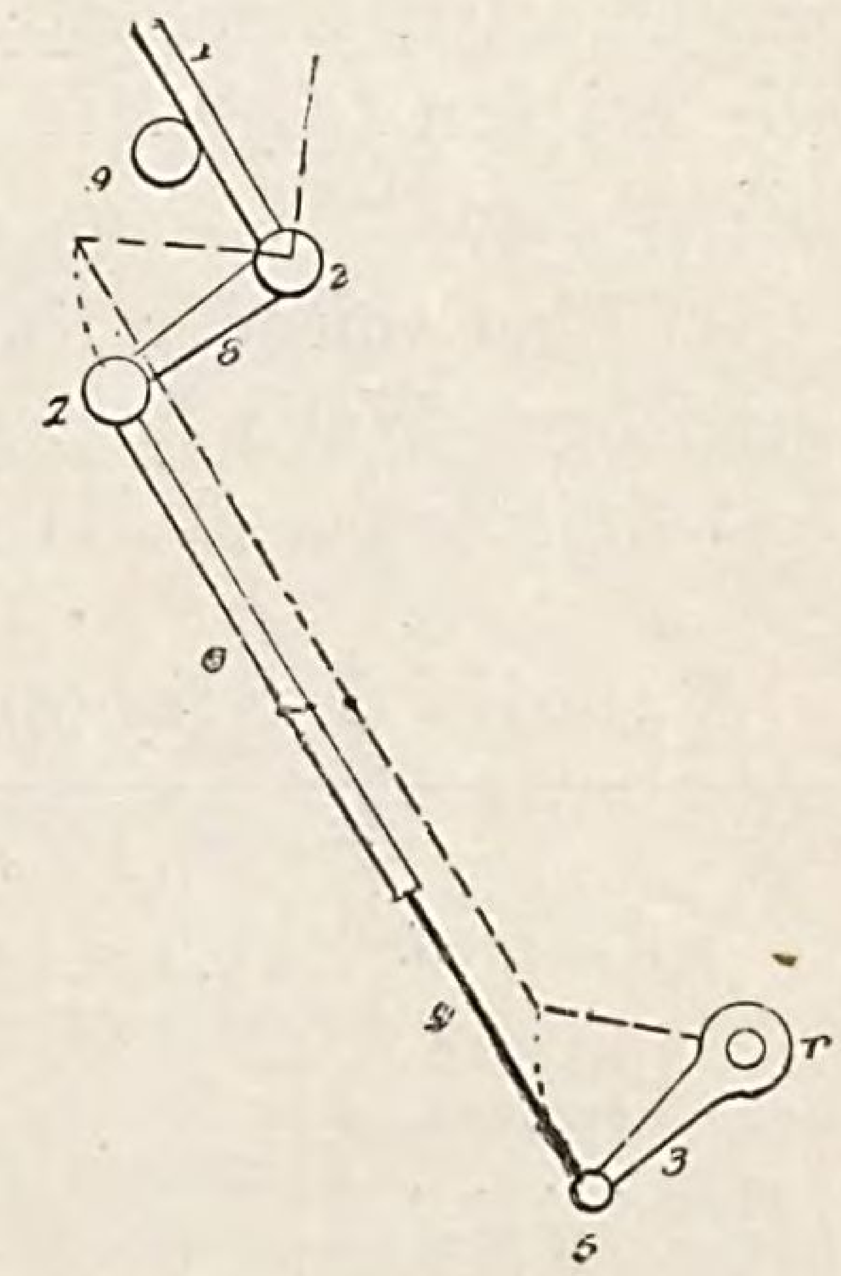


Fig. 135.

Der vorstehend beschriebene, im Jahre 1884 erfundene Benz'sche Motor, welcher sich trotz seines relativ geringen Alters bereits einer grossen Beliebtheit in Deutschland und Frankreich erfreut, kann als die beste Lösung des an und für sich schwierigen und von vielen Erfindern studirten Problems der Maschinen der Gruppe B angesehen werden.

Allerdings kann man ihm eine komplizirtere Konstruktion vorwerfen, als die meisten Maschinen der Gruppe A besitzen, dafür sind aber die vielen einzelnen Organe, welche zur Ausführung des Kreisprozesses erforderlich sind, wenig empfindlich oder zerbrechlich. Schliesslich darf jedoch der unverhältnissmässig grosse Raumbedarf des Benz'schen Motors, namentlich bei den Maschinen mit geringerer Leistung, nicht unerwähnt bleiben.

Versuche, welche im Jahre 1886 auf der Ausstellung zu Karlsruhe mit einem Benz'schen Motor von nominell 4 PS. angestellt wurden, ergaben folgende Resultate:

Mittlere Tourenzahl 152 in der Minute
Gebremste Leistung 5,61 PS.
Mittlerer Gasverbrauch für 1 Stundenpferd (ohne Zündung) 707 l.

Der Gasverbrauch ist demnach nahezu ebenso günstig wie bei den besten Maschinen der Gruppe A der II. Klasse. Die Geschwindigkeit kann je nach Bedarf geändert werden. Dieselbe ist jedoch meistens niedrig (120—135 Touren), die Abnutzungen und Längenveränderungen der Maschine sind gleichfalls sehr gering und ist ihr Gang ruhig, geräuschlos und gleichmässig. Diese Gleichmässigkeit, welche schon bei Maschinen mit einem Cylinder sehr gross ist, wird bei Zwillingsmaschinen noch erheblich grösser, bei welchen die beiden Kurbeln um 180° versetzt sind und bei jeder halben Umdrehung eine Explosion stattfindet, im Uebrigen jedoch das Prinzip genau dasselbe wie bei den Maschinen mit einem Cylinder ist, während der Unterschied nur in konstruktiven Einzelheiten liegt.

Jeder Cylinder besitzt dabei seine besondere, mit einem vom Regulator beeinflussten Einlassapparat versehene Gaspumpe, während die Luftpumpen wie bei den 1-Cylindermaschinen durch die vorderen Arbeitscylinderseiten gebildet sind.

Eine von der Kurbelwelle durch zwei gleichgrosse Schraubenräder angetriebene Welle liegt zwischen beiden Cylindern und bewegt durch Nocken und Zwischenhebel die Luft-, Gas- und Auspuffventile.

Tabelle der liegenden 1 und 2 Cylinder-Maschinen von Benz.

Leistung in effekt. PS.	1	2	3	4	5	6	8		10	12		16		20		25	30		50
	1 C.	1 C.	1 C.	1 C.	2 C.	1 C.	1 C.	2 C.	1 C.	1 C.	2 C.	1 C.	2 C.	1 C.	2 C.	2 C.	1 C.	2 C.	2 C.
Gewicht der Maschine in kg	650	900	1020	1400	1950	2200	2800	3000	4000	4500	4400	6000	5000	6500	6000	6500	8000	8000	10000
Gewicht des Sockels in kg	300	360	390	500	525	550	550	600	640	700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Länge, einschliessl. Schwungrad, in m	2,10	2,45	2,50	2,90	2,50	3,30	3,30	2,85	3,70	3,70	3,30	4,50	3,30	4,50	3,80	3,80	4,60	4,30	4,50
Breite, einschliessl. Schwungrad und Riemenscheibe, in m	0,90	0,98	1,00	1,20	1,70	1,40	1,40	2,00	1,80	1,80	2,10	1,90	2,10	1,90	2,40	2,40	2,10	2,60	2,60
Höhe, einschliessl. Sockel u. Schwungrad, in m . . .	1,50	1,50	1,60	1,85	1,50	1,90	1,90	1,75	2,00	2,00	1,90	2,00	1,90	2,00	2,10	2,10	2,00	2,10	2,10
Tourenzahl in der Minute	135	130	130	125	140	125	120	140	120	120	130	120	130	120	130	130	120	130	130

Ausser diesen Nocken trägt die Zwischenwelle einen cylindrischen Schieber, welcher den Einlass der Luft von aussen in den Arbeitscylinder und von da in den Sockel regulirt, während endlich noch am Ende der Welle eine Scheibe sitzt, welche im gegebenen Moment die Zündung in beiden Cylindern bewirkt.

Auf der Kurbelwelle sitzen zwei Schwungräder und ein oder zwei Riemenscheiben.

Der Benz'sche Motor wird in Deutschland von der Rheinischen Gasmotorenfabrik in Mannheim gebaut. Die französischen Patente gehörten früher der Maschinenfabrik d'Auberives (Ardennen), gegenwärtig dem Ingenieur Roger in Paris, welcher den Vertrieb der Maschine übernommen hat, während die Firma Pankard und Levassor den Bau betreibt. Die Hauptabmessungen der Maschinen dieser Firma sind in der vorstehenden Tabelle enthalten.

Maschine von Ravel (Modell 1888). Die neue Ravel'sche Maschine gleicht der ersten Konstruktion desselben Erfinders in keiner Hinsicht mehr,

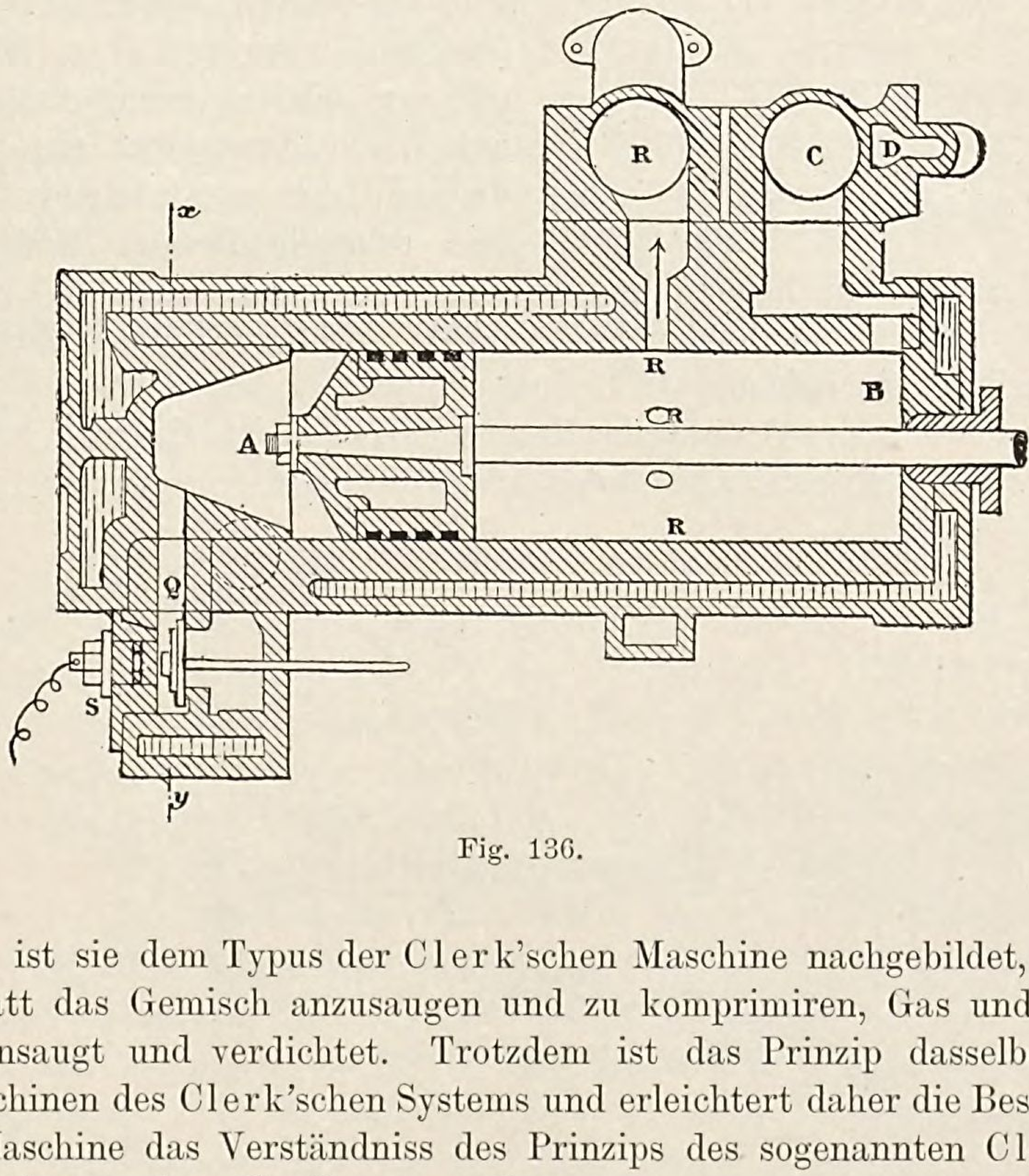


Fig. 136.

vielmehr ist sie dem Typus der Clerk'schen Maschine nachgebildet, nur dass sie anstatt das Gemisch anzusaugen und zu komprimiren, Gas und Luft getrennt ansaugt und verdichtet. Trotzdem ist das Prinzip dasselbe wie bei den Maschinen des Clerk'schen Systems und erleichtert daher die Beschreibung dieser Maschine das Verständniss des Prinzips des sogenannten Clerk'schen Systems, dessen oben Erwähnung gethan war.

Nach erfolgter Explosion wird der Kolben während der Expansion der Gase nach vorwärts geschleudert. Kurz vor dem Ende des Hubes deckt der Kolben die Oeffnung R (Fig. 136) auf, worauf das Auspuffventil R sich öffnet und die Verbrennungsprodukte entweichen, indem sie sich noch weiter ausdehnen. Fast direkt hinterher öffnen sich die Einlassventile für das Gas und die Luft. Die neueintretende Ladung treibt die Verbrennungsprodukte

vor sich her und aus dem Auslassventil heraus, während der Kolben seinen Aushub vollendet. Sobald jedoch der Kolben zurückkehrt und das Austreiben der Rückstände beendigt ist, schliessen sich die einzelnen Ventile und die Kompression der Ladung beginnt. Ist der Kolben in seine innere Endstellung zurückgekehrt, so findet die Zündung durch einen elektrischen Funken statt. Wie sofort ersichtlich ist, findet nur eine unvollständige Expansion statt. Die Mischung der Verbrennungsprodukte mit der frischen Ladung wird durch eine eigenartige Konstruktion des Einlassrohrs verringert (Fig. 137). Dasselbe mündet nämlich tangential in den Verdichtungsraum ein und wird dadurch der einströmenden Ladung eine schraubenförmige Bewegung im Cylinder ertheilt, in Folge deren sie die Rückstände allmählich austreibt. Die am Cylinder hinlaufenden Rohre geben der Ravel'schen Maschine ein eigenthümliches Aussehen.

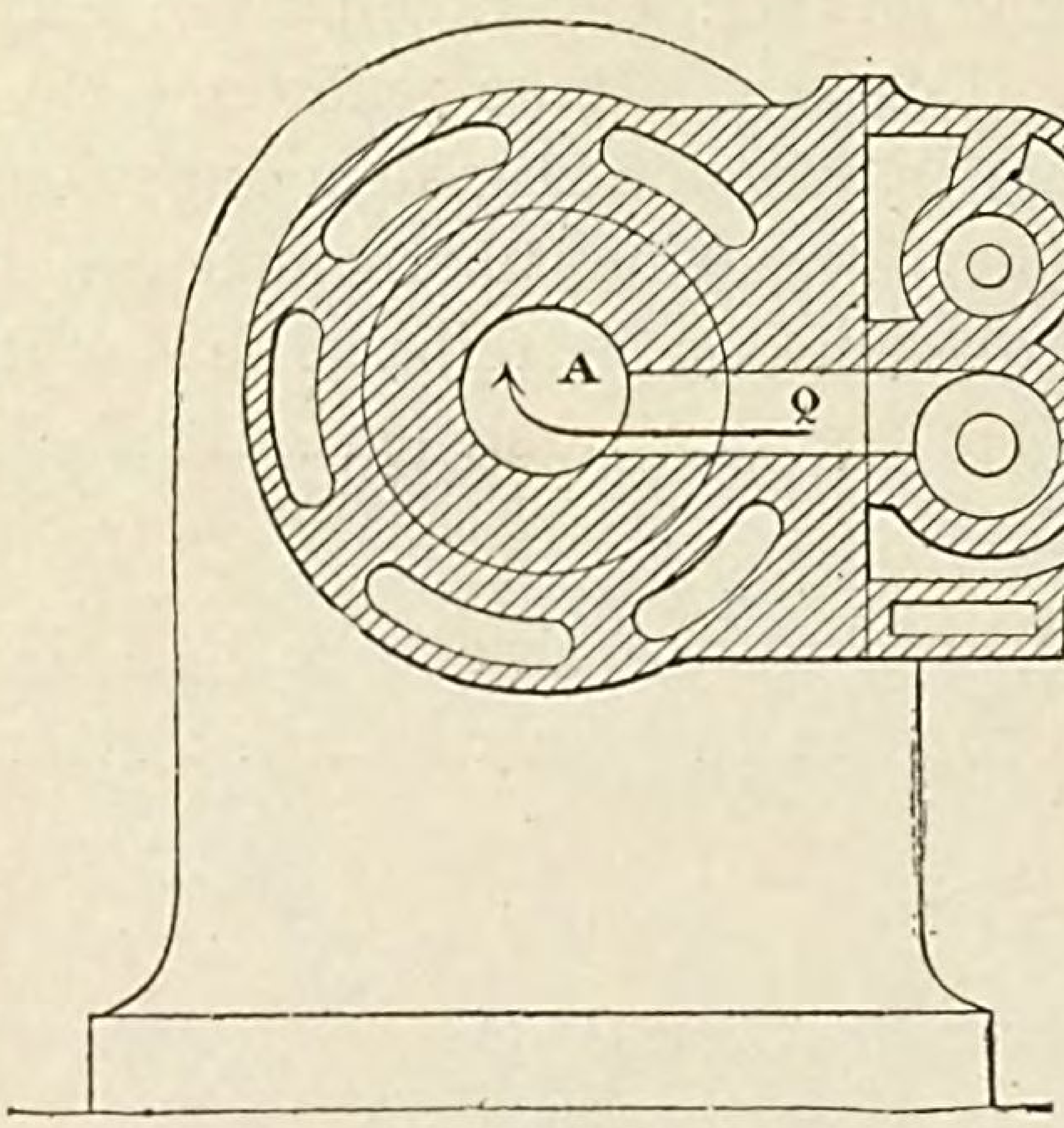


Fig. 137.
Schnitt nach x—y.

Hinsichtlich der Anzahl der bewegten Theile ist sie indessen weniger komplizirt als der Benz'sche Motor. Wie bei letzterem ist der freitragend

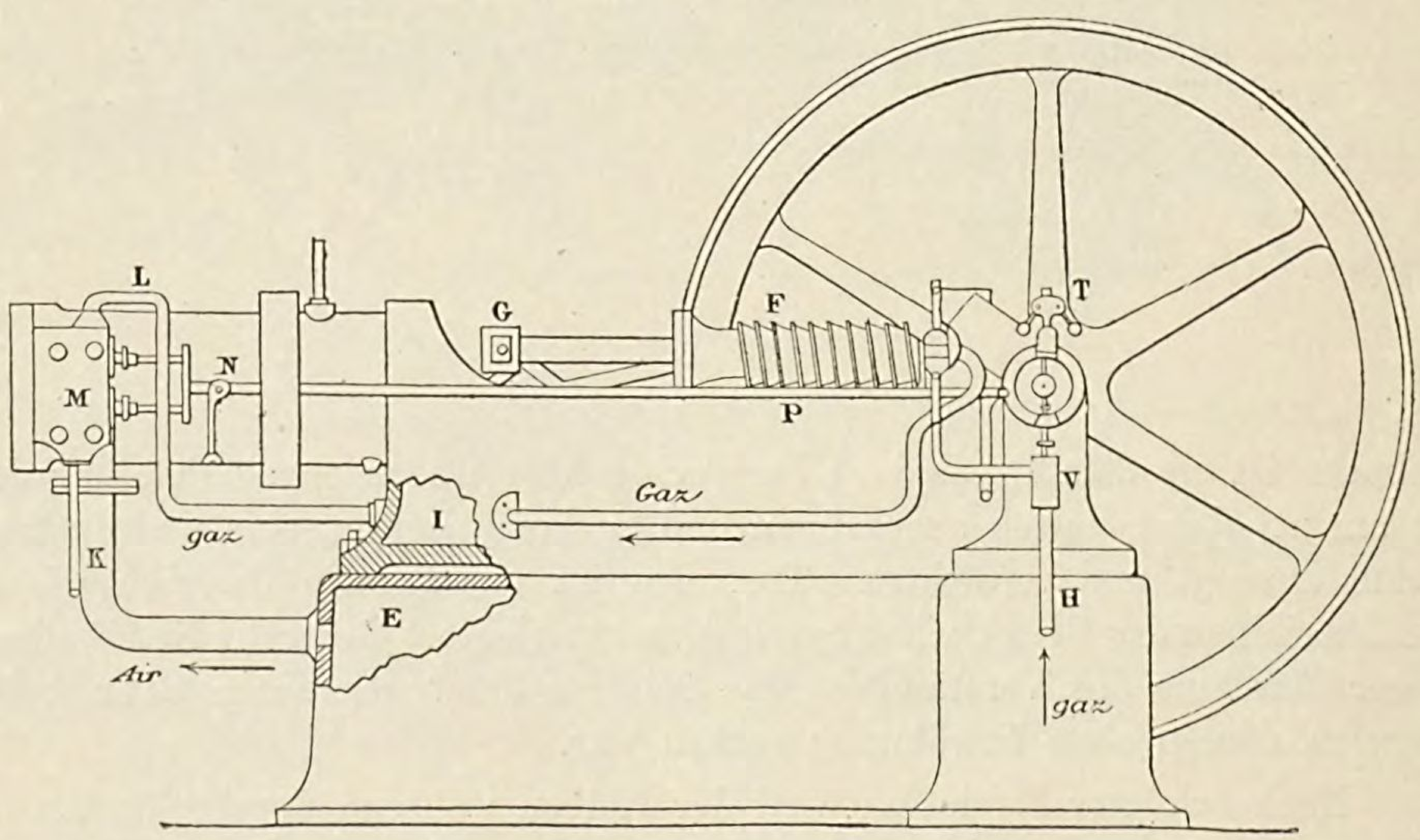


Fig. 138.

am Gestell befestigte Cylinder an beiden Seiten geschlossen und dient die hintere Seite als Arbeitscylinder, die vordere als Kompressionspumpe für die Luft. Die letztere wird beim Rückgang des Kolbens durch ein Ventil C in

den Cylinder angesaugt und mit einem Druck von 0,200—0,250 kg/qcm durch eine Klappe D in den Sockel E (Fig. 138) gedrückt. Der Druck in letzterem wird durch ein Sicherheitsventil konstant erhalten, welches einen Theil der komprimirten Luft wieder ins Freie entweichen lässt. Das Gas wird durch eine kleine Pumpe P, deren Plungerkolben vom Kreuzkopf der Maschine bewegt wird, auf einen Druck von 0,200 kg/qcm komprimirt und in das, im Gestell der Maschine angebrachte Reservoir J geschafft. Ein im Druckrohr der Gaspumpe befindliches Ventil dient zur Regulirung des Gasdruckes innerhalb gewisser Grenzen. Der Eintritt des Gases in die Pumpe wird durch den Regulator beeinflusst, welcher ein Ventil V hebt oder senkt. Dies Ventil ist durch eine Spiralfeder ausbalancirt, deren Spannung durch Zusammendrücken verändert werden kann. Hierdurch ist man im Stande, die Tourenzahl der Maschine beträchtlich zu verändern, indem dieselbe von 160 Touren bei normalem Gang auf 40 Touren beim Leergang reduzirt werden kann.

Die beiden Reservoire für Gas und Luft sind durch Rohre mit der Mischkammer M verbunden, in welcher sich zwei übereinanderliegende Ventile befinden, welche durch einen auf der Antriebswelle sitzenden Nocken gleichzeitig geöffnet werden können, worauf Luft und Gas in die Mischkammer eintreten und sich hier bezw. in dem zum Cylinder führenden Kanal miteinander mischen.

Das Auslassventil wird durch einen Hebel bewegt, welcher von einem, auf der Antriebswelle befestigten Nocken angehoben wird. Die Zündung geschieht durch einen, von einer Induktionsspirale mit zwei Elementen induzirten elektrischen Strom. Der Funke wird im gewünschten Augenblick mittelst eines Stromunterbrechers erzeugt, welcher im Moment der Zündung den Strom der Batterie in die Induktionsspirale einleitet. Der Unterbrecher besteht in einer isolirten Feder, die im gegebenen Moment eine Knagge berührt, welche an dem zum Antrieb des Regulators dienenden und am einen Ende der Kurbelwelle angebrachten Kegelrad befestigt ist, wodurch der Funke zum Ueberspringen gebracht wird. Zu diesem Zwecke ist der positive Pol der Batterie mit der Feder, der negative mit dem einen Ende der Induktionsspirale verbunden, deren anderes Ende mit dem Maschinengestell, also auch mit der erwähnten Knagge am Kegelrad in Verbindung steht. Der induzirte Strom wird durch zwei isolirte Drähte nach dem Zünder geleitet, welcher am hinteren Ende der Maschine in der zum Cylinder führenden Gasleitung sitzt.

Aus dem in Fig. 139 dargestellten Diagramm einer 8pferdigen Maschine ist ersichtlich, dass die Ladung im Cylinder auf 2,6 kg/qcm verdichtet wird, und dass der Explosionsenddruck 8,6 kg beträgt. Diese verhältnissmässig niedrigen Drücke erklären den bei diesen Maschinen beobachteten, grossen Gasverbrauch von ungefähr 1000 l für 1 Stundenpferd, indessen kann derselbe auch noch grösser ausfallen.

Ravel erreichte bei seinen ersten Versuchen einen Explosionsdruck von 12 kg/qcm, zog jedoch vor, niedrigere Drücke anzuwenden, um einen gleichmässigeren und ruhigeren Gang zu erhalten.

Der Gasverbrauch der Maschine war im Mittel etwas höher als 1000 l für ein eff. Stundenpferd, während der Kühlwasserverbrauch 30 l für dieselbe Leistung betrug. Um das Anlassen dieser Maschinen zu erleichtern, befindet sich über dem Verdichtungsraum ein kleiner Hahn. Ausserdem wird die Feder des Umschalters beim Anlassen verschoben, um das Ueberschlagen des Funkens zu verhindern, da ohne diese Vorsichtsmassregel in der Maschine, deren Geschwindigkeit beim Andrehen von Hand noch nicht

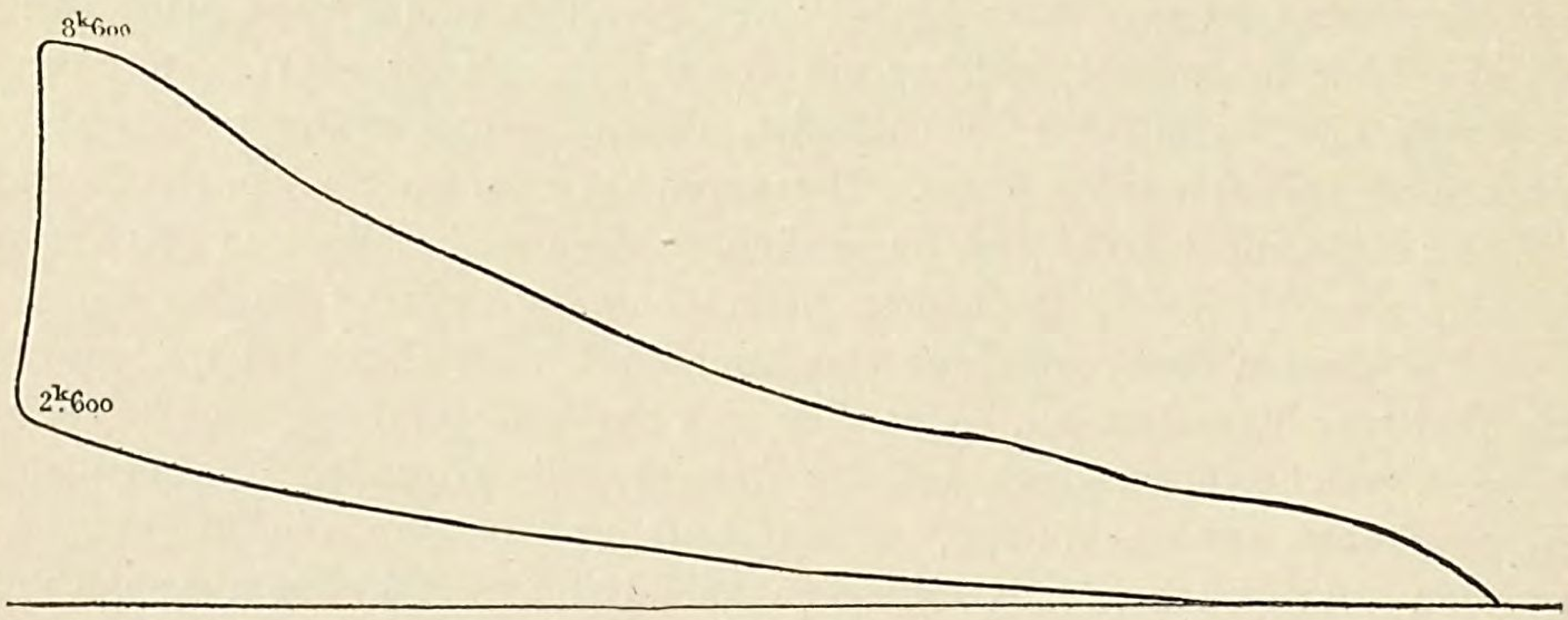


Fig. 139.

gross genug ist, eine Vorzündung stattfinden und die Maschine im entgegengesetzten Sinne umlaufen könnte, wodurch Unglücksfälle verursacht werden können. Um die Maschine anzuhalten, wird der Strom der Batterie unterbrochen und der kleine vorerwähnte Hahn auf der Verdichtungskammer geöffnet.

Der Ravel'sche Motor, welcher recht gleichmässig und geräuschlos arbeitet, wird von der Société des moteurs à gaz in Paris gebaut.

Gruppe C.

Manche Erfinder legen grossen Werth darauf, die Verbrennungsprodukte aus dem Cylinder vollständig zu entfernen und jegliche Mischung zwischen diesen und der frischen Ladung zu verhindern. Diese Reinheit der Ladung gestattet allerdings die Anwendung einer viel gasärmeren Mischung und bewirkt eine viel raschere Explosion. Um jedoch gerade diese zu rapide Explosion und den hierdurch bewirkten zu unruhigen Gang der Maschine zu vermeiden, behalten wieder andere Erfinder einen Theil der Verbrennungsprodukte bei. Es ist hier nicht am Platze, auf die Vor- oder Nachtheile des einen oder anderen Systems näher einzugehen, vielmehr soll nur bemerkt werden, dass das völlige Austreiben der Rückstände praktisch recht schwierig auszuführen ist. Eine Anzahl der hierzu in Vorschlag gebrachten Methoden wurde bereits bei den Maschinen von Daimler, Atkinson, Benz und anderen erwähnt.

Ein gleichfalls zu diesem Zweck zur Anwendung gebrachtes Mittel besteht darin, den Viertakt noch um zwei Hübe zu vermehren, während welcher die Maschine eine Ladung reiner Luft ansaugt und vermittelst derselben die Verbrennungsprodukte ganz austreibt, wodurch der folgende Kreisprozess entsteht:

1. Hub	Ausgang d. Kolbens	1. Ansaugen d. Ladung	Widerstand leistend.
2. „	Rückgang „ „	2. Verdichtung d. Ladung	
3. „	Ausgang „ „	3. Explosion 4. Expansion	Arbeitleistend.
4. „	Rückgang „ „	5. Austreiben der Verbrennungsprodukte	Widerstand leistend.
5. „	Ausgang „ „	6. Ansaugen reiner Luft	
6. „	Rückgang „ „	7. Austreiben der Luft und der Rückstände	

Mit einer Maschine, welche diesen Prozess ausführt, kann man allerdings die Verbrennungsprodukte ziemlich vollkommen austreiben, indem die Luft die Rückstände mit sich fortnimmt, wozu auch keinerlei andere Vorrichtungen erforderlich sind, als bei den Maschinen der Gruppe A gebraucht werden.

Nur wird der Betrieb einer solchen eincylindrischen Maschine nicht ohne Anwendung schwerer Schwungräder und grosser Geschwindigkeiten möglich sein, da nur bei jedem sechsten Hube oder nach jeder dritten Umdrehung eine Explosion stattfindet. Auf alle Fälle wird die Maschine ziemlich ungleichmässig laufen.

Ein Vortheil dieser Maschinen liegt in der Abkühlung der Cylinderwandungen durch die eingesaugte kalte Luft. Um den Gang dieser Maschinen gleichmässiger zu machen, sind dieselben zuweilen doppeltwirkend ausgeführt, wodurch die Anwendung eines viel leichteren Schwungrades möglich ist. Diese Maschinen besitzen alle Vortheile der doppeltwirkenden Maschinen, während eine Reihe von Uebelständen dieser letzteren ganz oder theilweise verschwunden sind. Ausserdem haben sie eine praktische Konstruktion, weshalb sie wohl die einzigen doppeltwirkenden Maschinen sind, welche noch ausgeführt werden.

Indessen sind diese sogenannten Sechstakt-Maschinen im Allgemeinen selten und wenig verbreitet, und finden sich fast nur noch in England, dem Lande ihrer Entstehung.

Die beiden Hauptvertreter dieser Maschinenklasse sind die Maschinen von Griffin und von Rollason. Die erstere, im Jahre 1883 erfundene, wird weiter unten näher besprochen werden.

Die zweite stammt aus dem Jahre 1886 und ist höchst eigenartig, weshalb es zu bedauern ist, dass von derselben nur eine flüchtige Beschreibung gegeben werden kann.

Rollason hatte sich die Aufgabe gestellt, einen ökonomisch arbeitenden, praktischen Motor durch Kombination der Maschinen von Lenoir und Otto zu schaffen. Von ersterem entlehnte er den Vorwärmer, indessen trieb er in denselben nur die Verbrennungsprodukte, um ein ausserordentlich gasarmes Gemisch anwenden zu können und dadurch die von der zu rapiden Explosion herrührenden Stösse zu vermeiden.

Um die Verbrennungsprodukte vollständig auszutreiben, führte er bei seiner Maschine den Sechstaktprozess ein und suchte eine allmähliche Zündung der Mischung dadurch zu erreichen, dass die Ladung von hinten aus gerechnet nach und nach gasreicher wurde. Indem nun die Zündung am hinteren Ende des Cylinders beginnt, nimmt die Verbrennungsgeschwindigkeit in der Weise zu, als die Kolbengeschwindigkeit wächst.

Vom Otto'schen Motor hat Rollason die Konstruktionsdetails entlehnt. Wie bei diesem ist der Cylinder freitragend am Gestell befestigt und trägt am hinteren Ende einen Flachschieber, welcher zum Einlass der Ladung und zur Zündung mit Hilfe einer Vermittelungsflamme dient. Wie bei Otto bewegt ferner eine zum Cylinder parallele Welle das Auslassventil, den Schieber und den Regulator und empfängt ihre Bewegung von der Kurbelwelle aus durch zwei Zahnräder, deren Halbmesser sich jedoch nicht, wie bei Otto, wie 1 : 2, sondern wie 1 : 3 verhalten.

In dem Falle, wo die Maschine eine Dynamomaschine zu treiben hat, schlägt Rollason die Anwendung eines elektrischen Regulators vor, welcher durch eine Drahtspule gebildet ist, in welcher ein Strom cirkulirt. Im Innern derselben befindet sich ein beweglicher, metallischer Anker, welcher sich der Stromstärke und somit auch der Geschwindigkeit der Maschine entsprechend bewegt und durch Einschaltung verschiedener Hebel auf den Regulirapparat der Maschine einwirkt.

Der Erfinder bezeichnet als Hauptvortheile seiner Maschine, dank der Reinheit der Ladung und der starken Kompression, die Sicherheit der Zündung und die Möglichkeit der Regulirung der Maschine durch veränderliche Gasmengen.

Leider liegen über den Betrieb dieser Maschine und ihren Gasverbrauch keine Versuchsergebnisse vor.

Maschine von Griffin. Bis zu einer Leistung von 6 PS. wird bei dieser Maschine der Einlass der Ladung und die Zündung durch einen hin- und hergehenden Flachschieber bewirkt, welcher seitlich in der Mitte der Maschine angebracht ist.

Im Folgenden soll jedoch die Konstruktion der grösseren Maschinen beschrieben werden (Fig. 140 und 141).

Die doppeltwirkende Griffin'sche Maschine besteht aus einem an beiden Enden geschlossenen, liegenden Cylinder, welcher in der Mitte durch eine, als Saugtopf dienende Säule A gestützt ist. Am vorderen Cylinderende ist eine cylindrische Gradführung B angeschraubt, welche am vorderen Ende

die Kurbelwelle C trägt und durch einen gusseisernen Fuss unterstützt wird. Die Kolbenstange überträgt ihre Bewegung mit Hilfe eines Kreuzkopfs und einer Pleuelstange auf die Kurbelwelle. Um den Gang noch gleichmässiger

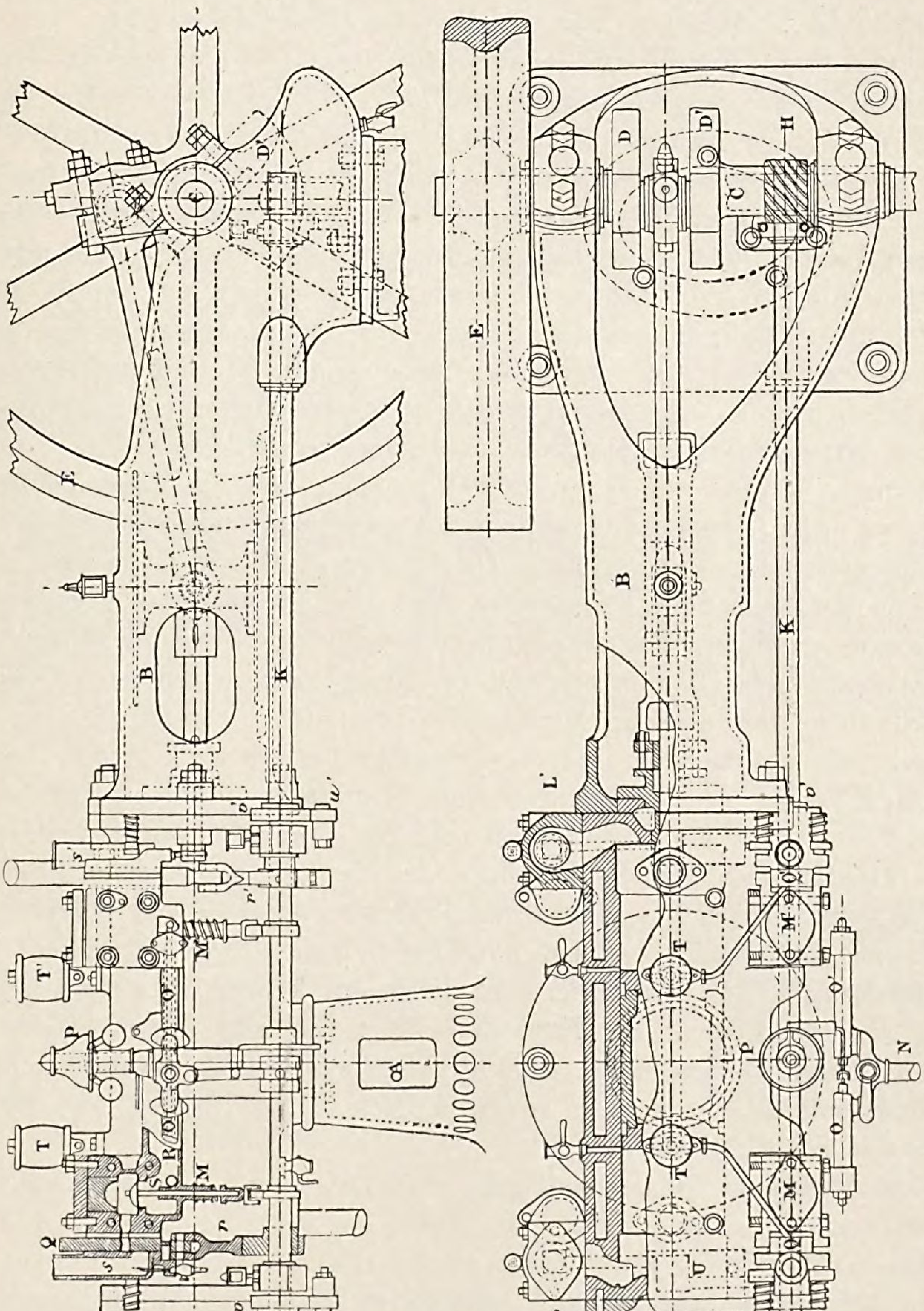


Fig. 140 und 141.

zu machen, wird die Schwungradwelle durch zwei mit Gegengewichten versehene Kurbeln D und D′ angetrieben und trägt am einen Ende ein Schwungrad E, am andern eine Riemenscheibe und zwischen beiden Lagern ein Schraubenrad, welches ein dreimal so grosses, auf einer zur Maschinenachse

parallelen und alle Steuerungsorgane, die Zündvorrichtung und den Regulator bewegenden Hilfswelle K befestigtes Schraubenrad antreibt.

Der Auspuff erfolgt durch zwei Ventile L L′, welche an der, der Steuerwelle entgegengesetzten Seite des Cylinders an beiden Enden desselben liegen und durch die Nocken v v′ und die Hebel u u′ bewegt werden. Die zum Einlass und zur Zündung dienenden Organe liegen auf jeder Cylinderseite ungefähr im ersten Viertel des Hubes und über der Steuerwelle. Der Einlass der Ladung oder der reinen Luft geschieht durch die beiden Ventile M und M′, welche vermittelst zweier, auf der Steuerwelle K befestigten Nocken bewegt werden. Diese Ventile öffnen sich bei je $1^1/_2$ Umdrehungen, um abwechselnd eine neue Ladung oder reine Luft einzulassen. Zu diesem Zweck münden die beiden Rohre für die Luft- und Gaszufuhr unterhalb der Ventile M und M′. Die Luft tritt direkt aus dem Sockel bei R ein, während das Gas durch einen mit Zeiger und Theilscheibe versehenen Hahn N und zwei Ventile O und O′ bei S eintritt. Die letzteren beiden Ventile öffnen sich bei normalem Gang nur nach je 3 Umdrehungen, die Einlassventile dagegen nach je $1^1/_2$ Umdrehungen, woraus, wie bereits erwähnt, folgt, dass die Einströmung der Ladung auf jeder Cylinderseite nach je 3 Umdrehungen abwechselnd mit der Einströmung frischer Luft erfolgt. Die Gasventile O und O′ werden durch einen von der Steuerwelle K bewegten und vom Regulator P beeinflussten Mechanismus geöffnet. Der Regulator wirkt auf die Maschine durch zeitweises Aussetzen der Ladung, indem er das auf der betreffenden Cylinderseite befindliche Gasventil im Moment der Admission nicht öffnet. Die Einlassventile öffnen sich daher nur bei normalem Betrieb nach je drei Touren.

Die Zündung geschieht durch eine Vermittelungsflamme mittelst der von den Excentern r und r′ bewegten Schieber Q und Q′, wobei wieder zwei äussere Zündflammen s s die Zündung der Vermittelungsflamme bewirken. Zur Schmierung dienen zwei eigenartige Schmierapparate T und T′, bestehend aus je einem Oelbehälter, welcher mit dem Cylinder durch ein kleines Rohr in Verbindung steht. Das letztere ist durch ein kleines Ventil geschlossen, welches sich im Moment der Explosion öffnet und eine gewisse Menge Oel in den Cylinder fliessen lässt. Die Kühlung wird durch Wassercirkulation im Cylindermantel und in den vorderen Deckeln zur Kühlung der Kolbenstangen und Stopfbüchsen bewirkt.

Zum leichteren Anlassen dienen zwei auf dem Cylinder angebrachte Hähne.

Ein Griffin'scher Motor hatte an der, von der Londoner Society of arts im Jahre 1888 abgehaltenen, bereits mehrfach erwähnten Konkurrenz theilgenommen. Derselbe hatte eine effekt. Leistung von $12^1/_2$ PS., einen Cylinderdurchmesser von 0,229 m und einen Hub von 0,356 m.

Die Schwungräder hatten 1,527 m Durchmesser, 0,191 m Breite und je 514,8 kg Gewicht. Der Gang war vollkommen gleichmässig bei einer sehr grossen Tourenzahl von 193,1 in der Minute. Der maschinelle Wirkungsgrad betrug 81 %.

Der Gasverbrauch für 1 eff. St.-Pferd ergab sich

für den Cylinder zu		795 l
für die Zündung „		17 l
also zusammen „		812 l.

Die Kühlwassermenge für die gleiche Leistung ergab sich zu 40 l, wobei das Wasser mit der sehr niedrigen Temperatur von nur 28° C. abging, der Schmiermaterialverbrauch zu 14 g für dieselbe Leistung.

Der mittlere Explosionsenddruck betrug 9,9 kg/qcm.,
der mittlere Kompressionsdruck 4,05 kg/qcm.

Die Wärmebilanz stellte sich folgendermassen:

In Arbeit verwandelte Wärme	21,1 %	
in den Abgasen enthaltene Wärme	39,8 %	
im Kühlwasser abgeführte „	35,2 %	39,1 %
durch Strahlung und Leitung abgeführte Wärme .	3,9 %	
	100,0 %	

Die vorstehend mitgetheilten Resultate des Griffin-Motor sind für eine doppeltwirkende Maschine sehr zufriedenstellend. Diese Maschine ist daher auch die einzige, welche sich gegenwärtig noch in der Praxis erhalten hat, und wird dank ihrem sehr regelmässigen und raschen Gange in England noch mit Vorliebe zum Betriebe von Dynamomaschinen für Beleuchtungszwecke angewandt.

Für Leistungen zwischen $^1/_4$ und 6 PS. ist neuerdings ein Typus des Griffin'schen Motors gebaut worden, welcher einfach wirkend und stehend und mit einem Schieber versehen ist, dessen Kreisprozess jedoch derselbe wie derjenige des doppeltwirkenden Motors ist. Bei demselben findet nur bei jeder dritten Umdrehung eine Zündung statt (an Stelle von $1^1/_2$ Umdrehungen bei den doppeltwirkenden Maschinen). Derselbe ist mit einem sehr schweren Schwungrad ausgerüstet und läuft sehr rasch (mehr als 200 Touren in der Min.). Das Ansaugen reiner Luft hat nur den Zweck, die Verbrennungsprodukte auszutreiben. Ausserdem bewirkt der Einfluss der kalten Luft auf die Cylinderwandungen eine Ersparniss an Kühlwasser.

Die Griffin-Motoren werden in England von der Firma Dick, Kerr & Co. ausgeführt, deren Tabelle nachstehend wiedergegeben ist.

Liegende, doppeltwirkende Maschinen von Griffin.

Eff. Leistung in PS.	$2^1/_2$	3	4	$6^1/_2$	$9^1/_2$	14	16	20
Gewicht (mit Verpackung), kg .	1100	1200	1400	1600	2150	3000	3400	3650
Tourenzahl in der Minute . . .	225	225	225	220	220	210	210	200

Stehende, einfachwirkende Maschinen von Griffin.

Eff. Leistung in PS.	1/4	1/2	1 1/2	2	3	6
Gewicht (mit Verpackung), kg	325	400	525	1125	1300	1500
Tourenzahl in der Minute	250	250	240	240	230	225

Maschinen der III. Klasse, Verbrennungsmaschinen mit Verdichtung der Ladung.

Bei diesen Maschinen wird eine verdichtete Ladung derartig verbrannt, dass der Druck konstant bleibt und die Kraft zur Bewegung des Kolbens nur durch Vergrösserung des Volumens erzeugt wird, sodass an Stelle der, bei den Maschinen der zweiten Klasse wirksamen Explosion eine allmähliche Verbrennung tritt.

Der Kreisprozess dieser Maschinen ist folgender:

1. Ansaugen der Ladung,
2. Verdichtung derselben,
3. Verbrennung derselben bei konstantem Druck,
4. Expansion,
5. Auspuff der Verbrennungsprodukte.

Dieser Kreisprozess ähnelt demjenigen der Heissluftmaschine von Ericson sehr, und scheint die letztere auch die Anregung zum Bau dieser Maschinen gegeben zu haben.

Sie sind die ersten Kompressionsmaschinen, welche in der Praxis angewandt wurden. Bereits im Jahre 1873 existirte in Amerika eine Maschine dieses Systems, die Maschine von Brayton.

Die Resultate, welche die Maschinen dieser Klasse ergeben haben, lassen sich neben diejenigen der älteren Maschinen der zweiten Klasse stellen. Der Grund hierfür liegt darin, dass der Kreisprozess der Verbrennungsmaschine sich wesentlich leichter verwirklichen lässt, als dies ursprünglich bei den Maschinen der zweiten Klasse möglich war, da sie mit viel niedrigeren Temperaturen arbeiten, als jene. Mit der zunehmenden Vervollkommnung der Maschinen der zweiten Klasse aber überzeugte man sich bald von den Vorzügen derselben und liess die Verbrennungsmaschinen endgültig fallen. Dieselben waren indessen nur in geringem Maasse untersucht und studirt worden, und besassen nur eine kurze Lebensdauer, da sie meistens zu komplizirt waren.

Zu den bemerkenswerthesten dieser Maschinen gehören diejenigen von Brayton, Simon, Foulis, Crowe und Livesay. Nur die beiden Erstgenannten hatten in der Praxis einigen Erfolg; die zweite derselben ist übrigens nur eine Abänderung der ersteren. Die Maschine von Brayton, die interessanteste unter allen Verbrennungsmaschinen, war ziemlich lange Zeit in England im Gebrauch. Sie arbeitete mit gewöhnlichem Petroleum

und wird weiter unten bei den Maschinen dieser Klasse ausführlicher besprochen werden.

Gasmaschine der National Meter Co., Newyork[1]). Diese in den Figuren 142 und 143 abgebildete und auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893 ausgestellte Maschine arbeitet nach dem Zweitakt, indem bei jeder Umdrehung der Maschine eine Explosion stattfindet, und gehört zur Klasse der Verbrennungsmaschinen.

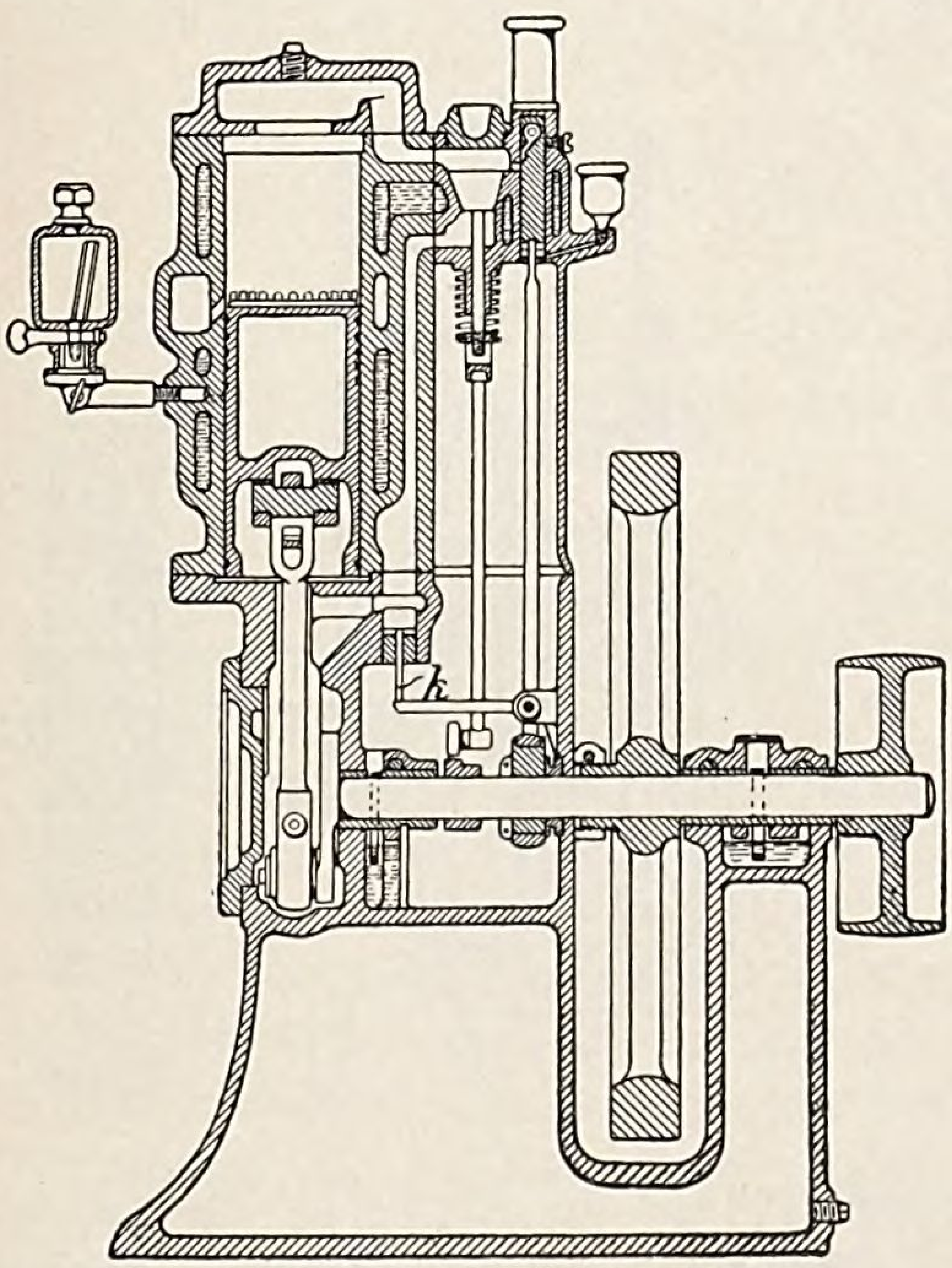


Fig. 142.

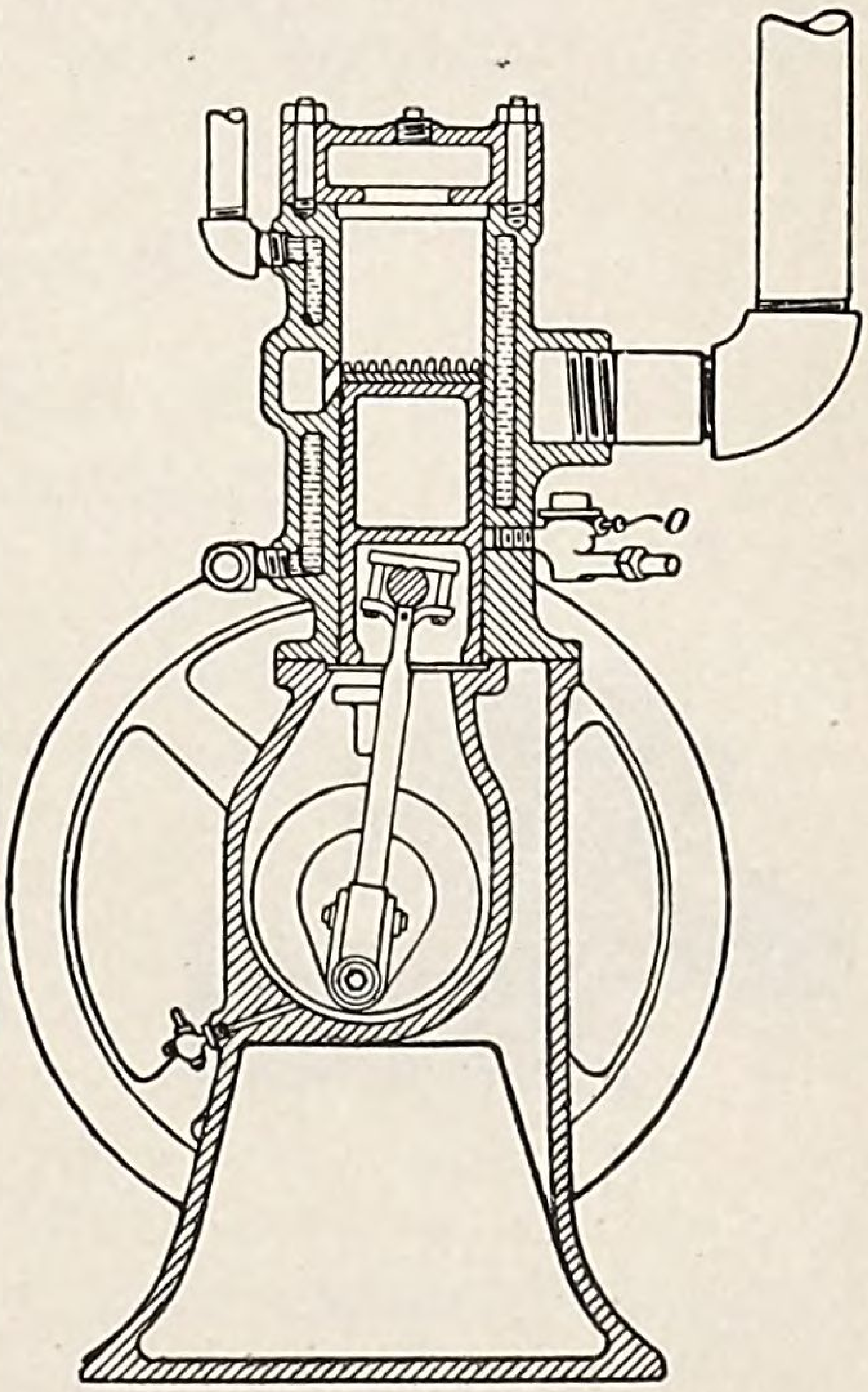


Fig. 143.

In ein neben dem Cylinder angebrachtes und mit einem Einlassventil versehenes Gehäuse, an welchem auch die Zündvorrichtung befestigt ist, strömt das verdichtete Gas- und Luftgemisch aus dem unter dem Arbeitskolben im Gestell der Maschine befindlichen Verdichtungsraum ein, sobald der Arbeitskolben sich nach unten bewegt. Von hier gelangt die Ladung während eines Theils des Aushubes des Kolbens in den Cylinder und wird dort entzündet. Kurz ehe der Kolben nach erfolgter Expansion in seine Endstellung kommt, giebt er eine grosse Anzahl Löcher in der Cylinderwand frei, durch welche die Verbrennungsprodukte zunächst in einen, den Cylinder umgebenden Kanal und sodann durch ein Auspuffrohr ins Freie entweichen.

Beim Aufgang saugt der Kolben durch das Ventil o (Fig. 143), welches in Fig. 144 in perspektivischer Ansicht dargestellt ist, das Gas an, während

1) Vergl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, p. 1227 u. ff.; Fr. Freytag, Die Gaskraftmaschinen etc. a. d. Weltausst. z. Chicago, 1893.

die Luft durch eine seitliche Oeffnung im Cylinder einströmt. Durch das von einem gewöhnlichen Schwungradregulator beeinflusste Ventil k (Fig. 142) wird der Durchgangsquerschnitt des Verbindungskanals zwischen dem Verdichtungsraum und dem Ventilgehäuse mehr oder weniger verengt und dadurch die Ladungsmenge regulirt.

Die Zündung wird durch den Zündschieber B (Fig. 146) bewirkt, in welchen aus dem Ventilgehäuse durch die Oeffnung a ein Theil der Ladung tangential einströmt, dadurch in der Kammer r in Wirbelbildung versetzt wird, sich, sobald der Schieber gehoben wird, an der seitlich in einem

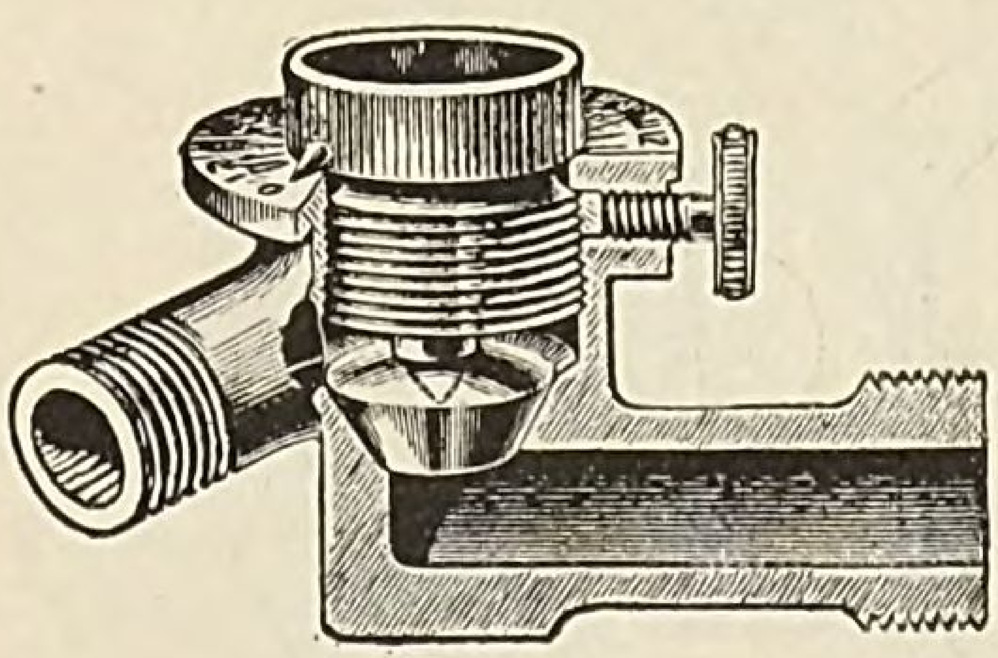


Fig. 144.

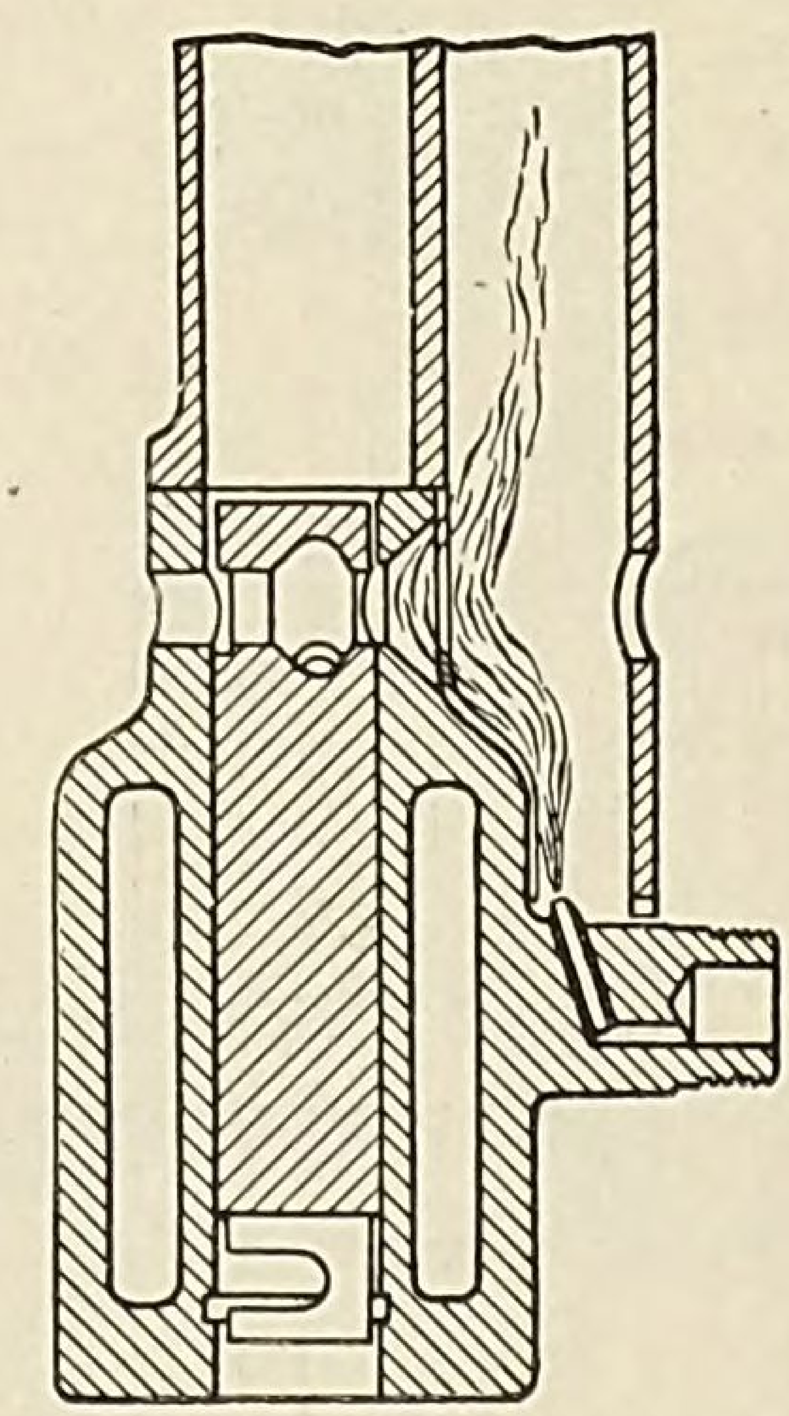


Fig. 145.

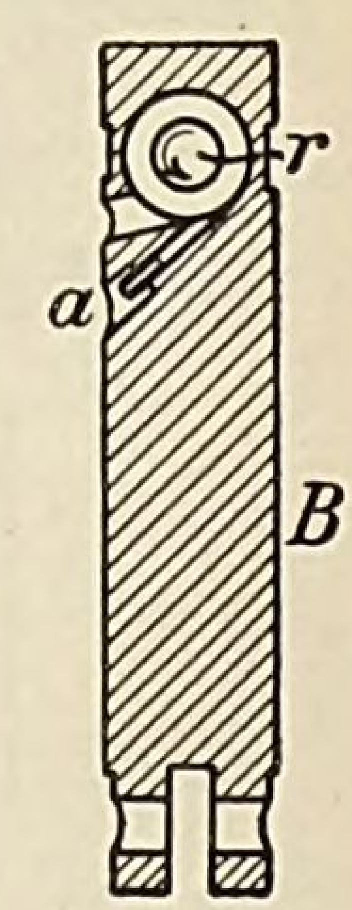


Fig. 146.

Schornstein brennenden Flamme entzündet und die Explosion im Cylinder bewirkt. Die Hebung des Schiebers geschieht durch ein Excenter, welches im Innern des Gestells der Maschine auf der Schwungradwelle aufgekeilt ist.

Nach Angabe des Erbauers soll die Maschine ähnliche Diagramme wie ein einfach wirkender Dampfmotor ergeben und für eine 3pferdige Maschine nur 1,59 cbm Gas in der Stunde, also nur 530 l für 1 St.-PS. verbrauchen, welche Zahl jedoch zweifellos als viel zu günstig anzusehen ist, da sie für eine Verbrennungsmaschine einen geringeren Gasverbrauch angiebt, als die besten Viertaktmaschinen gleicher Leistung aufzuweisen haben.

Fünftes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über die Wahl und Aufstellung der Gasmotoren.

Die Wahl eines Motors. Da bei der Wahl eines Motors viele Erwägungen anzustellen sind, so können hier nur die allerwichtigsten derselben hervorgehoben werden.

Da der Gasverbrauch die hauptsächlichste und tägliche Ausgabe bildet, so wird einer Maschine mit möglichst hohem Wirkungsgrad, also einer Maschine der zweiten Klasse vor allen anderen Systemen der Vorzug zu geben sein. Bis vor einigen Jahren war man gezwungen, für Leistungen unter 1 PS. zu den Maschinen der ersten Klasse seine Zuflucht zu nehmen, während sich dies gegenwärtig völlig geändert hat und für Leistungen von $^1/_2$ PS. die Maschinen der zweiten Klasse sehr verbreitet sind, und einige Maschinen bis zu $^1/_4$ PS. (Ragot, Mire, Noël, Griffin etc.), ja selbst bis zu $^1/_8$ PS. (Otto) heruntergehen.

In dem Falle, wo man sich aus irgend welchen besonderen Gründen doch für eine Maschine der ersten Klasse entscheiden sollte, wird man gut thun, unter den drei anerkannt besten Systemen: Bisshop, Bénier oder Forest zu wählen.

Zuweilen ist von diesen dreien die Maschine von Bénier vorzuziehen, da dieselbe in Folge ihrer Wasserkühlung keine beträchtliche, bei diesen meist in den Arbeitsräumen selbst aufgestellten Maschinen so lästige Wärmeausstrahlung hat.

In anderen Fällen kann gerade der Fortfall der Wasserkühlung für die Maschinen von Bisshop und Forest ausschlaggebend sein.

Manche Maschinen der zweiten Klasse sind mit Kühlrippen versehen, indessen sind diese Maschinen doch selten, namentlich für Leistungen über 1 PS., während die Anwendung von Kühlrippen für Maschinen unter 1 PS. wohl am Platze ist, für Leistungen über 1 PS. aber meistens Wasserkühlung vorzuziehen sein dürfte.

Nach Erwägung des Gasverbrauchs hat man sich mit der Frage der Konstruktion der Maschine und hier wieder vor allem mit den Steuerungsorganen zu beschäftigen. Die Schieber sind neuerdings fast gänzlich ausser Gebrauch gekommen, vor allem solche, welche auch die Zündung durch eine Vermittelungsflamme bewirken sollen, während die Ventile mit Vorliebe ausgeführt werden.

Bei Betrieben, welche viel Staub verursachen, ist es empfehlenswerther, eine an beiden Cylinderenden geschlossene Maschine zu wählen, und natürlich auch bezüglich der Entnahme der zur Bildung der Ladung nothwendigen Luft die grösste Vorsicht anzuwenden.

Ist ein sehr gleichmässiger Gang erforderlich, wie z. B. für die Erzeugung elektrischen Lichtes, so wird man eine Maschine der Gruppe B allen anderen vorziehen und ausserdem, wenn der Kraftbedarf genügend gross ist, eine Zwillingsmaschine wählen. Indessen können auch gewisse Zwillingsmaschinen der Gruppe A gut für elektrische Beleuchtungszwecke angewandt werden.

Auch die Frage der Zündung muss bei der Wahl einer Maschine in Betracht gezogen werden.

Die Zündungen durch Zündflammen sind meistens komplizirt, empfindlich und nicht selten feuergefährlich, wogegen die Zündungen durch Glührohre bedeutend einfacher und praktischer sind, jedoch gleichfalls den Uebelstand der Feuergefährlichkeit besitzen. Nur bei elektrischer Zündung ist diese Gefahr ganz beseitigt, wogegen diese Zündung aber viel komplizirter ist. Die Batterien kosten nicht mehr als die Zündflammen bei den vorerwähnten Zündungen, bedürfen indessen einer, zuweilen sehr lästigen, Wartung und Bedienung.

Die dynamo- und magneto-elektrischen Apparate verursachen keine Betriebskosten, dafür um so höhere Anschaffungskosten.

Die sehr rasch laufenden und mit starker Verdichtung arbeitenden Maschinen gebrauchen im Allgemeinen weniger Gas als andere Maschinen und sind für manche Zwecke besonders geeignet, indessen wird mit den grossen Geschwindigkeiten und heftigen Explosionen die Unterhaltung schwieriger, auch wachsen die Abnutzungen und wird der Gang der Maschine ungleichmässiger. In allen Fällen, wo man eine Gasmaschine bedarf, wird es jedoch rathsam sein, sich an eine, durch die Güte ihrer Maschinen bekannte und angesehene Firma zu wenden, welche eine solide und vollkommen betriebsfertige Maschine mit allem Zubehör liefert. Der Preis wird dafür häufig etwas höher sein, indessen wird dieser Mehrbetrag bald durch Ersparnisse an Gas, Schmieröl und Kühlwasser wieder gedeckt und durch die Leichtigkeit der Ueberwachung und Wartung der Maschine reichlich ausgeglichen werden.

Ausserdem kann aber die Wahl einer Maschine noch durch eine ganze Reihe anderer Umstände beeinflusst werden. Das Gewicht, die Tourenzahl, der Raumbedarf, die Zahlungsbedingungen u. s. w. können in Betracht zu

ziehen sein. Sache des Käufers muss es sein, alle diese Fragen auf eine, seinen Interessen und Bedürfnissen am meisten entsprechende Art und Weise zu lösen.

Die Verkaufsbedingungen. Die Verkaufsbedingungen der verschiedenen Firmen stimmen fast immer überein. Der Preis der Maschinen versteht sich fast ausschliesslich loco Fabrik.

In denselben ist der Preis des Sockels mit Ausnahme der kleineren Nummern oder derjenigen Maschinen, bei welchen der Sockel einen nothwendigen Bestandtheil der Maschine ausmacht, meistens nicht mit einbegriffen. Häufig ist der Sockel auch nicht aus Gusseisen, sondern aus Steinen gemauert, zuweilen auch von einer anderen Firma als der Lieferantin der Gasmaschine bezogen.

Mit den Maschinen werden meistens als Zubehör folgende Theile geliefert:

Ein Auspufftopf, ein Saugtopf, eine Riemenscheibe, ein Gummibeutel, die Anschlussrohre an die beiden Töpfe, ein Sortiment Schraubenschlüssel, eine Oelkanne, Splinte, Schrauben, Federn, Asbestschnüren, und bei elektrischer Zündung die zur Erzeugung des Funkens nöthigen Theile, also die Batterie und eine Drahtspirale oder ein magneto-elektrischer Apparat mit Spirale oder nur ein Elektromagnet, je nach der Art der Zündung.

Alle Maschinen werden in den Fabriken in Gegenwart des Käufers oder dessen Vertreters gebremst.

Während dreier Monate wird bei jeder Gasmaschine für alle, in Folge schlechter Beschaffenheit des angewandten Materials entstandenen Schäden Garantie geleistet und jedes zerbrochene Stück ersetzt. Dagegen entbindet die Uebernahme der Maschine den Lieferanten von jeder Verantwortlichkeit hinsichtlich ungenügender Leistung oder hervortretender Uebelstände, welche in dem System der Maschine ihren Grund haben. Verpackung und Fracht fallen dem Käufer zur Last und wird erstere mit ca. 2% des Preises der Maschine in Rechnung gesetzt.

Die Zahlungsbedingungen sind meistens folgende:

1/3 bei Bestellung, 1/3 bei Ablieferung, 1/3 nach 1 Monat mit Skonto, nach 3 Monaten ohne Skonto.

Die Aufstellung erfolgt von Seiten des Empfängers und auf seine Kosten. Werden Arbeiter des Lieferanten für Montage und Reparaturen gewünscht, so ist die Hin- und Rückreise 2. Klasse, sowie meistens 1,50 Frcs. (1,20 M.) für jede Stunde für dieselben zu zahlen.

Es ist wohl selbstverständlich, dass die vorerwähnten Bedingungen nicht absolut feststehend sind, dieselben vielmehr je nach den Umständen verschieden sein können, und man daher stets gut thun wird, bezüglich des Preises, der Zahlungsbedingungen, der Garantieen u. s. w. genaue Vereinbarungen zu treffen.

Die Aufstellung eines Gasmotors.

Die Wahl des geeigneten Platzes.

Die Maschine wird mit Vorliebe in irgend einer Ecke des Arbeitsraums untergebracht, oder doch wenigstens in nächster Nähe einer Mauer, welche die Anlage der Rohrleitung, das Anbringen des Gummibeutels u. s. w. erleichtert. Um die Maschine herum muss genügender Raum vorgesehen werden, damit sie von allen Seiten zugänglich ist. Insbesondere sind jedoch zwei grössere Räume zu reserviren:

1. Hinter der Maschine, um den Deckel und die etwaigen Theile abnehmen zu können,
2. vor der Maschine, um dem Maschinisten das Andrehen des Schwungrades zu ermöglichen.

Man wähle zur Aufstellung der Maschine einen möglichst trockenen Saal, namentlich wenn die Maschine eine elektrische Zündung besitzt.

Das Fundament. Zwei Arten von Fundamenten sind gebräuchlich:

1. Gemauerte Sockel,
2. gusseiserne Sockel.

Im ersteren Falle nimmt man meistens einen einzigen Haustein, auf welchem die Maschine durch mehrere mit Cement, Blei oder Schwefel eingegossene Ankerschrauben genau wagrecht befestigt werden muss. Auch Blöcke aus Beton oder Ziegeln leisten gute Dienste und sind dabei um 50 % billiger als Gussblöcke. Die gemauerten Fundamente sind stets dann vorzuziehen, wenn die Maschine im Erdgeschoss, Souterrain oder Keller etc. aufgestellt werden soll. Für höhere Etagen, überhaupt überall da, wo die Maschine auf einem Fussboden stehen soll, sind gusseiserne Sockel anzuwenden, sowohl wegen ihres verhältnissmässig geringen Gewichtes, als auch wegen ihres geringeren Raumbedarfs, sowie weil das Innere derselben als Aufbewahrungsort für Reservetheile, Schlüssel, Oelkannen etc. und selbst in einigen Fällen für die galvanischen Batterien, die Drahtspiralen oder die Gummibeutel dienen kann.

Da die Gusssockel jedoch nur für Maschinen bis 8 oder 10 PS in Gebrauch sind, so werden für stärkere Maschinen ausschliesslich gemauerte Sockel angewandt.

Wie bereits erwähnt ist ein Gusssockel sehr bequem, da er als Aufbewahrungsort für Werkzeuge und andere zur Maschine gehörige Utensilien dienen kann. Ist jedoch ein gemauerter Sockel vorhanden, so empfiehlt es sich, alle diese Theile an einer möglichst leicht zugänglichen Tafel anzubringen. Die Erfahrung lehrt, dass bei kleinen Reparaturen oder Reinigungen, welche fast täglich vorkommen, viel Zeit verloren geht, um die nothwendigen Werkzeuge zu suchen, welche häufig verlegt sind.

Die gemauerten Fundamentblöcke werden in den Boden etwas eingelassen.

Die Gusssockel werden direkt auf den Fussboden aufgestellt, wenn sie nicht auf einer Balkenlage stehen. Im letzteren Falle sind sie an den Balken durch kräftige Schrauben zu befestigen, während sie im ersteren Falle stets auf

einer Beton- oder Cementschicht ruhen, deren Dicke je nach dem Gewicht der Maschinen und je nach der Beschaffenheit des Baugrundes verschieden ist. Handelt es sich um besonders sorgfältig auszuführende Anlagen, wie bei elektrischen Licht-Anlagen in Privathäusern, in welchen die Erschütterungen auf alle Fälle zu vermeiden sind, so werden die Sockel vom Untergrund durch Zwischenlagen aus elastischem Material isolirt. Recht gute Dienste leistet in diesem Falle ein, zwischen zwei dicke Gummischeiben gelegter Holzrahmen, auf welchem die Maschine ruht, welcher seinerseits auf einem aus Mauerwerk gebildeten und mit Sand gefüllten Unterbau aufliegt.

Die Montage. Die Fabrikanten versenden meistens den Motor, das Schwungrad, die Riemenscheiben und die sonstigen Haupttheile der Maschinen von einander getrennt. Das Auspacken muss sorgfältig geschehen, damit kein Theil verbogen oder zerbrochen wird, worauf die Maschine vor dem Aufstellen auf den Fundamentsockel sorgfältig gereinigt werden muss. Alle losen Theile müssen gut befestigt werden, wobei man sich nach den meist vorhandenen Kennmarken zu richten hat.

Die Luftentnahme. Die zur Verbrennung des Gases nothwendige Luft soll aus einem möglichst staubfreien Raum entnommen werden. Auch soll diese Luft so rein als möglich sein, da verdorbene Luft die Verbrennung nicht unterhält. Um das Eindringen von Staub in den Cylinder zu vermeiden, kann man die Luft durch ein mit Metallsieben versehenes Gefäss einsaugen, welches die Rolle eines Filters spielen soll. Bei den sehr kleinen Motoren wird die Luft meistens direkt aus dem Arbeitsraum entnommen. Bei grösseren Maschinen kann man die Luft ebenfalls noch aus dem Arbeitsraum ansaugen, jedoch unter Beihilfe eines Saugtopfes, welcher das Geräusch vermindert und häufig durch den Gusssockel selbst gebildet ist. In vielen Fällen jedoch, namentlich bei starken Maschinen, ist es vorzuziehen, die Luft von ausserhalb anzusaugen, in welchem Falle die Luftleitung so kurz als möglich sein soll, alle Krümmungen und sonstigen Hindernisse möglichst vermieden und die Querschnitte der Länge der Leitung entsprechend vergrössert werden sollen (ca. alle 6—8 m).

Der Auspuff. Wie das Einsaugen erfolgt auch der Auspuff bei den kleinsten Maschinen direkt in den Arbeitssaal, in welchem sie aufgestellt sind und zwar ohne irgend welche Rohrleitung. Bei den Maschinen über 1 PS. ist jedoch stets ein gusseiserner oder schmiedeiserner Auspufftopf vorhanden, welcher mit der Maschine durch ein lothrechtes oder schwach geneigtes Rohr verbunden ist. Dieser Topf verringert das Geräusch, indem er die vollständige Ausdehnung der Abgase ermöglicht und sie durch ein zweites Rohr in die freie Luft entlässt, ferner das Schmieröl, Condensationswasser und den mitgerissenen Staub sammelt. Ein Ablasshahn gestattet ein zeitweises Entleeren desselben. Zuweilen dient auch der Sockel der Maschine selbst als Auspufftopf. Die Auspuffleitungen können im Mittel folgende Abmessungen erhalten:

Leistung in PS.	1/2	1	2	3	4	6	8	10
Lichter Durchmesser, mm	25	35	40	50	60	80	90	100

Die bezüglich der Luftzuleitung gemachten Bemerkungen gelten auch für die Auspuffleitung. Es ist ferner empfehlenswerth, die letztere von allen brennbaren Stoffen möglichst entfernt zu halten und dieselbe niemals in Kamine oder gemauerte Kanäle münden zu lassen.

In manchen Fällen ist es erforderlich, das Geräusch der aus der Auspuffleitung in die freie Luft ausströmenden Gase soviel als möglich zu beseitigen. Dies lässt sich dadurch erreichen, dass man die Gase in mehreren, auf einander folgenden Auspufftöpfen sich ausdehnen oder die Auspuffleitung in einen mit vielen Löchern versehenen Auspuffkorb münden lässt. Schraubt man vor die innere Oeffnung der Auspuffleitung einen Reduktionsflansch, so kann man das stossweise Geräusch in ein fortgesetztes, aber weniger lautes Summen verwandeln. Häufig verlegt man den Auspufftopf auch ins Freie oder in einen benachbarten Raum.

Bei Zwillingsmaschinen empfiehlt es sich, zwei Auspufftöpfe und zwei getrennte Ableitungen an Stelle einer einzigen anzuwenden.

Die Gasentnahme. Die von der Gasuhr kommende Leitung mündet in einen Gummibeutel, welcher der Saugwirkung nachgiebt und als Gasbehälter dient, zugleich aber auch das Zucken benachbarter Flammen bei jedem Ansaugen der Maschine verhindern soll. Je schwächer der Druck des Gases und je enger die Zuleitung ist, desto grösser muss der Gummibeutel sein. Ist ein Beutel nicht ausreichend, so kann man mehrere derselben hintereinander in die Leitung einschalten, muss jedoch zwischen je zwei aufeinander folgenden Beuteln einen Absperrhahn anbringen. Dieselben sollen so nahe an der Maschine wie nur möglich aufgehängt, keinesfalls jedoch weiter als 4 m von derselben entfernt sein. Beim Stillsetzen der Maschine muss das Gas aus dem Beutel vollständig abgesaugt werden.

Das aus den städtischen Gasleitungen entnommene Gas muss mit einem Druck von mindestens 15 mm Wassersäule ankommen.

Es ist stets empfehlenswerth, für jeden Motor eine besondere Gasuhr anzuwenden und dieselbe so nahe als möglich an jenen heranzurücken. Man nimmt im Allgemeinen an, dass eine Gasuhr für 10 Flammen für eine PS. erforderlich ist, dass dies Verhältniss jedoch mit zunehmender Leistung kleiner wird.

Man erhält die genaue Zahl der Flammen, für welche die Gasuhr zu zu wählen ist, indem man den grössten stündlichen Gasverbrauch in l durch die Zahl 700 dividirt und die erhaltene Zahl mit 5 multiplizirt. Giebt es für die so erhaltene Flammenzahl keine Gasuhr, so wähle man die nächst höhere Nummer.

Ist der Abstand der Maschine vom Gasmesser grösser als 25 m, so hat man den letzteren etwas grösser zu wählen, im entgegengesetzten Falle etwas kleiner als die Berechnung ergiebt. Nimmt man z. B. eine Maschine von 1 PS. an und ist der Abstand der Gasuhr von der Maschine kleiner als 25 m, so wird die Flammenzahl des letzteren zwischen 65 und 75 zu

wählen sein. Ist der Druck des Gases sehr schwach oder nahezu gleich Null, so wird mit dem Gasmesser ein Saugapparat verbunden. Ist er dagegen zu stark oder unregelmässig oder findet ein starkes Flackern der benachbarten Flammen statt, so wird ein auf 20 mm Wassersäule regulirter Druckregulator eingeschaltet. Die folgende Tabelle giebt die inneren Durchmesser der Gasleitung zwischen dem Gasbeutel und der Maschine an:

Leistung in PS.	1/2	1	2	3	4	6	8	10
Innere Durchmesser in mm:	13	20	20	20	20	20	25	25

Zwischen dem Gasbeutel und der Haupt-Gasleitung kann man Rohre von folgenden Durchmessern nehmen:

Leistung in PS.	1/2	1	2	3	4	6	8	10
Innere Durchmesser in mm:	25	40	40	40	40	40	50	65

Ist der Abstand grösser als 25 m oder hat die Leitung häufige Krümmungen, so werden diese Zahlen etwas erhöht.

Die Kühlung. Die Mehrzahl der kleineren Maschinen von einer Leistung unter 1 PS. werden durch Kühlrippen gekühlt, welche mit der Maschine aus einem Stück gegossen sind und keine besondere Installation erfordern. Bei den mit Wasserkühlung arbeitenden Maschinen ist dies jedoch nicht mehr der Fall. Am besten wird die Kühlung derartig ausgeführt, dass man einen Druckwasserstrom anwendet, dessen Geschwindigkeit so regulirt wird, dass das Wasser den Cylinder mit einer Temperatur von ungefähr 75° C. verlässt. Hierfür rechnet man bei kleineren Maschinen einen mittleren Wasserverbrauch von 40 l für eine effektive PS., welche Zahl auf 20 bis 25 l herabsinkt, wenn die Maschine eine grössere Leistung hat oder wenig Wasser verbraucht. Das Wasser tritt in den Wassermantel am einen Ende desselben von unten ein, am andern Ende oben aus. Das nach seinem Austritt durch einen Trichter wieder aufgefangene Wasser wird entweder zu irgend welchen andern Zwecken benutzt oder durch eine Rohrleitung nach aussen geleitet. Für die Durchmesser der Wasserleitung kann man im Mittel folgende Werthe annehmen:

Leistung in PS.	1/2	1	2	3	4	6	8	10
Lichter Durchmesser der Wasserzuleitung	7	7	10	13	13	15	20	20
„ „ „ „ ableitung	13	20	20	20	20	25	30	30

In den Fällen, wo kein Druckwasser vorhanden ist oder wo möglichst sparsamer Betrieb angezeigt ist, kann man ein offenes, in der nächsten Nähe der Maschine gelegenes Reservoir benutzen, von dessen unterster Stelle das Wasser durch ein Rohr unter den Cylinder geführt wird. Das in dem letzteren erwärmte Wasser tritt am obern Ende desselben wieder aus und wird durch ein zweites Rohr in das Reservoir zurückgeleitet. Durch verschiedene in der Leitung angebrachte Hähne kann man die Wassercirkulation reguliren. Nachdem das Wasser in dem Reservoir abgekühlt ist, kann dasselbe von neuem zur Kühlung benutzt werden und wird um so wirksamer sein, je kälter es ist. Aus diesem Grunde ist ein aus Metall hergestelltes, cylindrisches Reservoir allen anderen vorzuziehen, da es der äussern Luft die grösste Kühl-

fläche bietet und die beste Wärmeleitung besitzt. Man kann das Reservoir auch in einer höher gelegenen Etage anbringen, in welchem Falle die Cirkulation nur noch günstiger sein wird, indessen müssen dann die Durchmesser der Rohrleitungen dem von dem Wasser zu durchlaufenden Wege entsprechend angenommen werden. Auf alle Fälle muss der Boden des Behälters mindestens auf gleicher Höhe, wie die Unterkante des Wassermantels des Cylinders liegen, während der Wasserspiegel im Reservoir ungefähr 0,2 m über der Einmündung des zurückfliessenden Wassers liegen muss. Dieser Wasserspiegel wird konstant erhalten, indem das durch Verdunstung oder auf andere Weise verloren gegangene Wasser ersetzt wird.

In der Rohrleitung sind alle Krümmungen möglichst zu vermeiden und ist es ausserdem vortheilhaft, dem obern Rohre eine Neigung von ungefähr 100 mm zu geben, um den Umlauf des Wassers zu erleichtern. Dieses Reservoir ist jedoch nur vortheilhaft für Maschinen von 6—8 PS., während es für grössere Maschinen zu gross werden und die Cirkulation nicht mehr genügend funktioniren würde.

Hiervon kann man sich leicht Rechenschaft ablegen, wenn man bedenkt, dass für je 1 PS. ein Reservoir von ca. 500 l Inhalt nothwendig ist, dass indessen je nach der grösseren Leistung der Maschine und ihrem System dies Verhältniss etwas kleiner angenommen werden kann. Man erhält indessen den Inhalt eines für die Kühlung erforderlichen Reservoirs einer Maschine ziemlich genau, wenn man die Leistung derselben in PS. mit 500 multiplizirt, und indem man von dieser Zahl die hundertfache PS.-Zahl abzieht. Bei Maschinen unter 1 PS. besteht dies Verhältniss nicht mehr. Vielmehr kann man bei diesen annehmen, dass ein Behälter von 300 l Inhalt für eine Maschine von $^1/_2$ PS. ein solches von 200 l für eine Maschine von $^1/_3$ PS. nothwendig ist. Für Wasserleitungen von einer Länge bis 5 m kann man die folgenden Durchmesser nehmen:

Leistung in PS.	1	2	4	6
Lichter Durchmesser in mm	27	38	60	70

Die Reservoire werden aus gewöhnlichem Eisenblech, Zinkblech oder Gusseisen ausgeführt. In gewissen Fällen leisten die Körting'schen Kühlkörper gute Dienste. Dieselben sind nichts anderes als Batterien von Rippenheizkörpern für Warmwasserheizung. Dank ihrer eigenthümlichen Gestalt und ihrer äussern Oberfläche sind diese Apparate leichter und kleiner und erfordern weniger Kühlwasser, als die gewöhnlichen Reservoire für Maschinen gleicher Grösse. Ausserdem können sie zur Heizung und Lüftung der Räume dienen, in welchen sie aufgestellt sind.

Indessen erfordert ihre Aufstellung einige Schwierigkeiten, da sie in möglichst grossen, gut gelüfteten Räumen und, wenn möglich, nicht in demselben Raume, in welchem sich die Maschine befindet, aufgestellt werden müssen. Es ist sogar vorzuziehen, den Raum für die Aufnahme der Rippenkörper in einer höheren Etage zu wählen. Die Verbindung dieser Apparate mit der Maschine erfolgt in derselben Weise wie bei einem gewöhnlichen Reservoir.

Die folgende Tabelle giebt die Grössen dieser Körting'schen Heizkörper und der zur Verbindung mit der Maschine nothwendigen Rohrleitungen an.

Leistung in PS.	1/2	1	2	3	4	5	6	8	10
Höhe	0,97	0,97	1,42	1,42	1,42	2,0	2,0	2,0	2,0
Breite	0,65	0,95	1,15	1,90	1,90	1,90	1,90	2,35	2,40
Tiefe	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Lichter Durchmesser der Rohrleitung	20	25	25	40	40	40	40	40	45

Zuweilen liegt das Reservoir tiefer als die Maschine, in welchem Falle die Wassercirkulation durch eine mit der Maschine verbundene Pumpe bewirkt wird.

Die Zündung. Wird die Zündung durch Zündflammen oder Glührohre ausgeführt, so muss eine besondere zur Speisung der Brenner dienende Leitung angebracht werden, welche vor dem Gasbeutel, möglichst nahe am Gasmesser, abgezweigt wird, und womöglich einen besondern Gasmesser erhält. Der Durchmesser der Leitung wird ungefähr 10 mm gemacht. Findet ein Zucken der Zündflamme statt, so muss ihre Leitung mit einem besondern Gummibeutel versehen werden. Bei elektrischer Zündung kann man zur Erzeugung des Stromes zwei Methoden anwenden:

1. Anwendung einer von der Maschine betriebenen Dynamo- oder magneto-elektrischen Maschine,
2. Anwendung von Batterien und Induktionsrollen.

Im ersteren Falle ist keine besondere Einrichtung nothwendig, da die zur Zündung erforderlichen Apparate einen wesentlichen Bestandtheil der Maschine ausmachen. Im zweiten Falle können die Elemente und Induktionsrollen irgendwo aufgestellt werden und zwar entweder direkt nebeneinander oder getrennt von einander und abseits von der Maschine. Die Verbindung zwischen den Elementen, den Induktionsrollen und den Zündern kann auf verschiedene Arten erfolgen, deren bereits einige bei der Besprechung der einzelnen Maschinen erwähnt wurden. Die Batterien können entweder im Sockel der Maschine oder auf einer an der Mauer befestigten Konsole oder in einem in der Nähe der Maschine befindlichen Kasten untergebracht werden. Die Induktionsrolle wird entweder an einem an der Maschine befestigten Arm oder auf der Konsole oder in dem Batterienschranke angebracht. Es ist empfehlenswerth, zwischen der Batterie und der Induktionsrolle einen Stromunterbrecher einzuschalten, um einen unnöthigen Verbrauch der Elemente zu verhindern.

Der grösseren Sicherheit wegen wenden manche Konstrukteure Elemente an, in welchen der Zinkcylinder während des Stillstandes aus den Elementen herausgehoben werden kann. Die in Frankreich am meisten angewandten Elemente sind die Dulaurier'schen Elemente mit Chromsäure und porösem

Thoncylinder. Jedes Element (Fig. 147) besteht aus einem äusseren, gefirnissten Porzellancylinder V, einem aufgerollten Zinkcylinder Z, einem porösen Thoncylinder P und einer oder mehreren Kohlenplatten oder Stäben C, welche alle in der angegebenen Reihenfolge ineinander gefügt sind. Zwei der beschriebenen Elemente, welche in der noch zu beschreibenden Weise gefüllt werden und mit einer Induktionsrolle mittlerer Grösse verbunden sind, genügen dazu, einen Induktionsstrom zu erzeugen, dessen Funke im Stande ist, die in den Gasmaschinen gebräuchlichen Ladungen bei einer Betriebszeit von ca. 150 Stunden zu zünden. Diese Elemente werden derartig miteinander verbunden, dass der Zinkcylinder des einen mit dem Kohlencylinder des anderen Elements verbunden ist. Von den freien Polen gehen zwei Kupferdrähte von 1½—2 mm Durchmesser aus, welche mit Guttapercha gut isolirt sind.

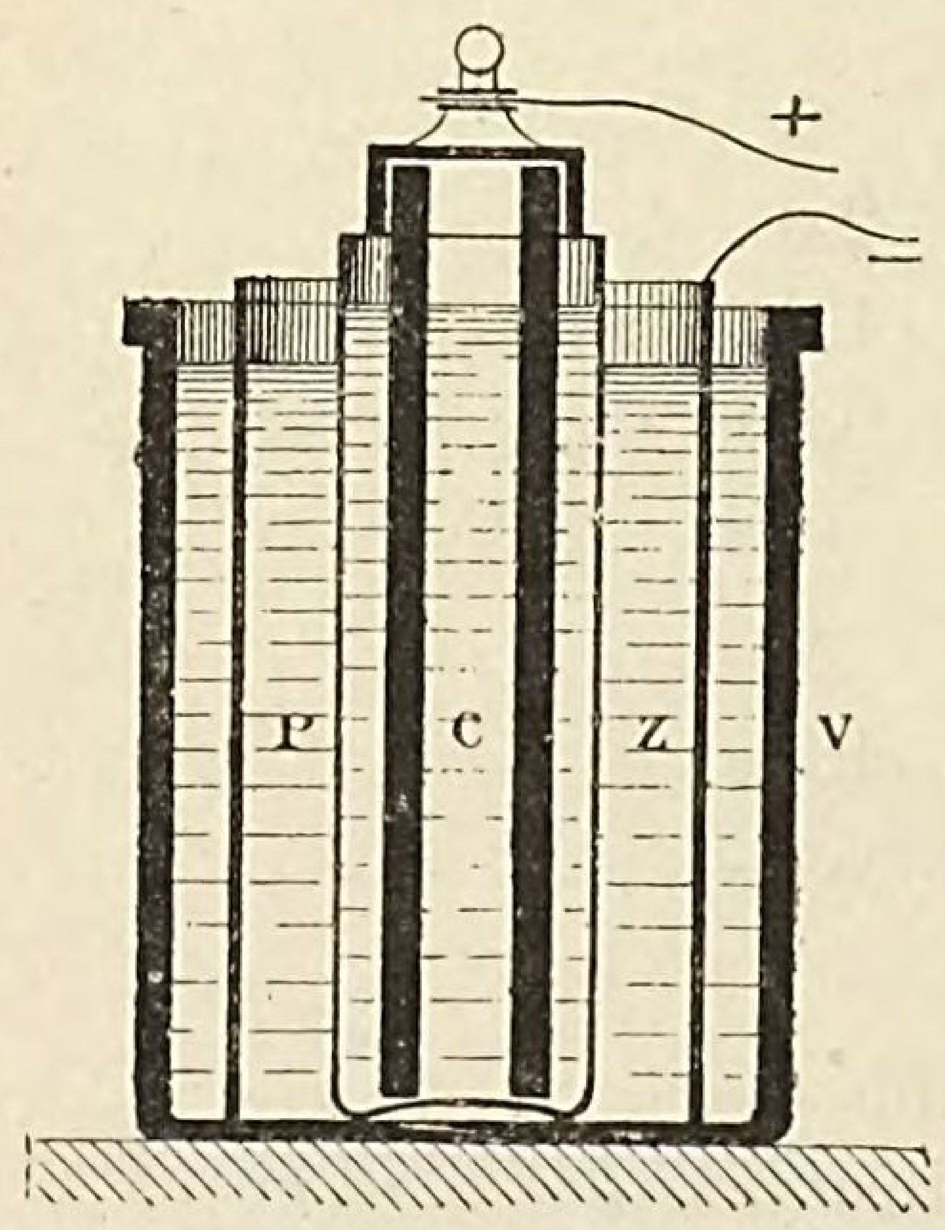


Fig. 147.

Anmerkung. Alle im vorbergehenden Kapitel besprochenen Leitungen sind durch Schrauben verbundene Flanschenrohre, indessen können die Gas- und Wasserleitungsrohre auch als Bleirohre hergestellt werden.

Verschiedene Beispiele der Aufstellung von Gasmaschinen.

Um das bezüglich der Aufstellung der Gasmaschinen Gesagte leichter verständlich zu machen, sind im Folgenden einige Beispiele derselben näher beschrieben.

Aufstellung einer eincylindrischen, liegenden, vierpferdigen Gasmaschine von **Benz.**

Aus den Figg. 148—150 ist die Aufstellung dieser Maschine zu ersehen. Dieselbe hat elektrische Zündung, deren Batterien in der Nähe an einer Mauer befestigt ist, saugt die Luft von aussen ein und wird durch einen Druckwasserstrom gekühlt. Der Sockel ist gemauert. Zur Erleichterung des Verständnisses der Zeichnung sind alle zur Steuerung und zum Bewegungsmechanismus zugehörigen Theile fortgelassen.

Aufstellung einer liegenden, eincylindrischen, vierpferdigen Gasmaschine von **Otto.** (Fig. 151—153.)

Bei derselben findet Flammenzündung statt. Die Maschine ist in einer Ecke des Arbeitsraumes untergebracht, saugt ihre Luft aus dem letzteren, empfängt ihr Kühlwasser aus einem Reservoir und ruht auf einem gusseisernen Sockel.

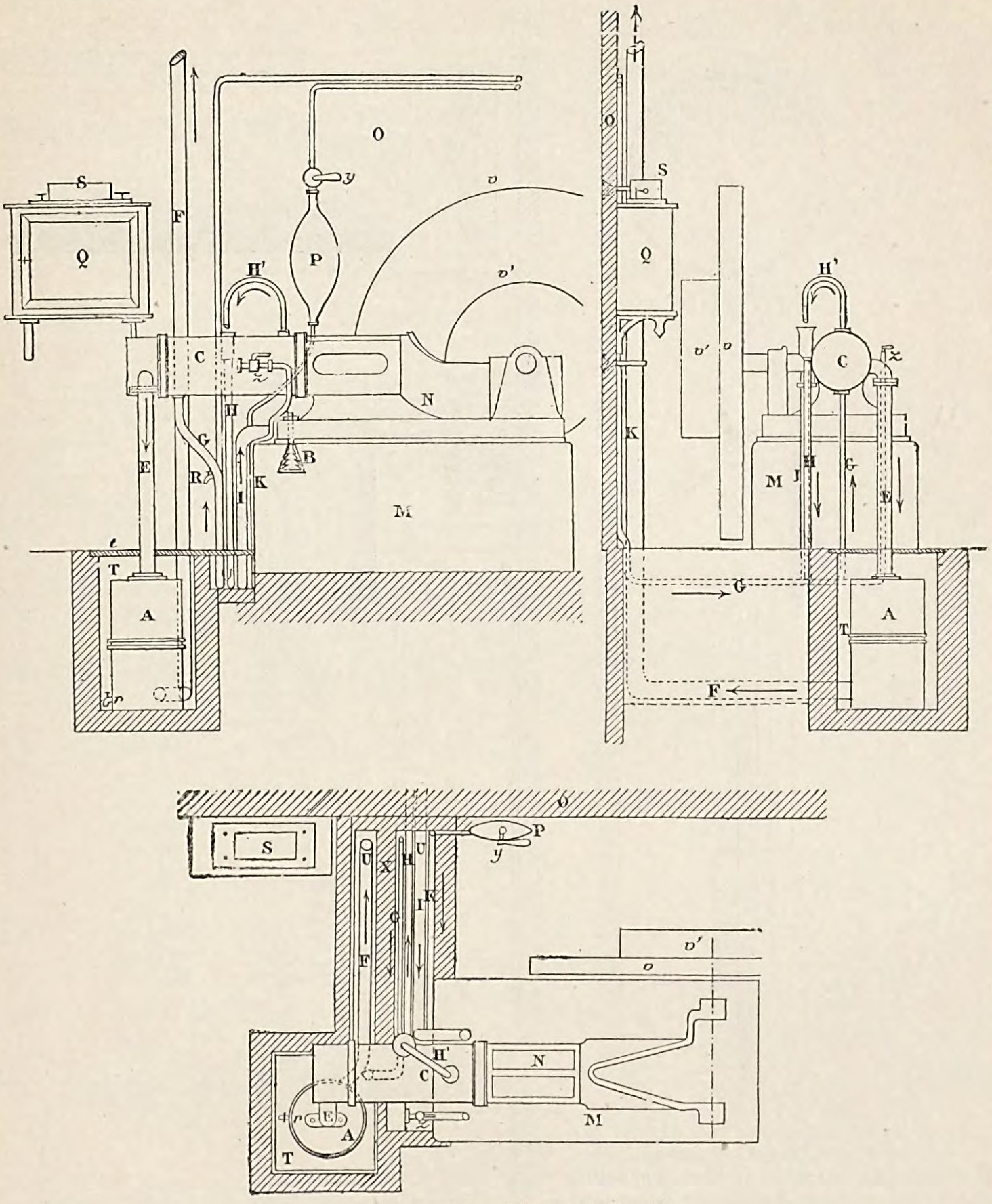
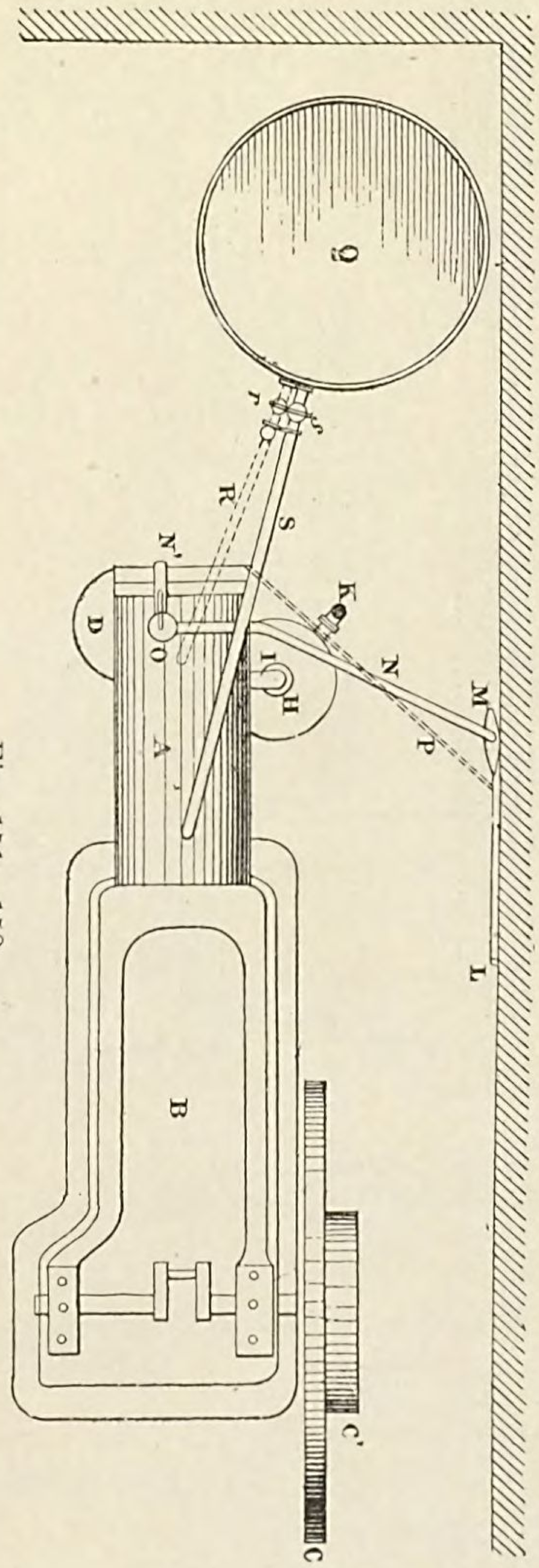
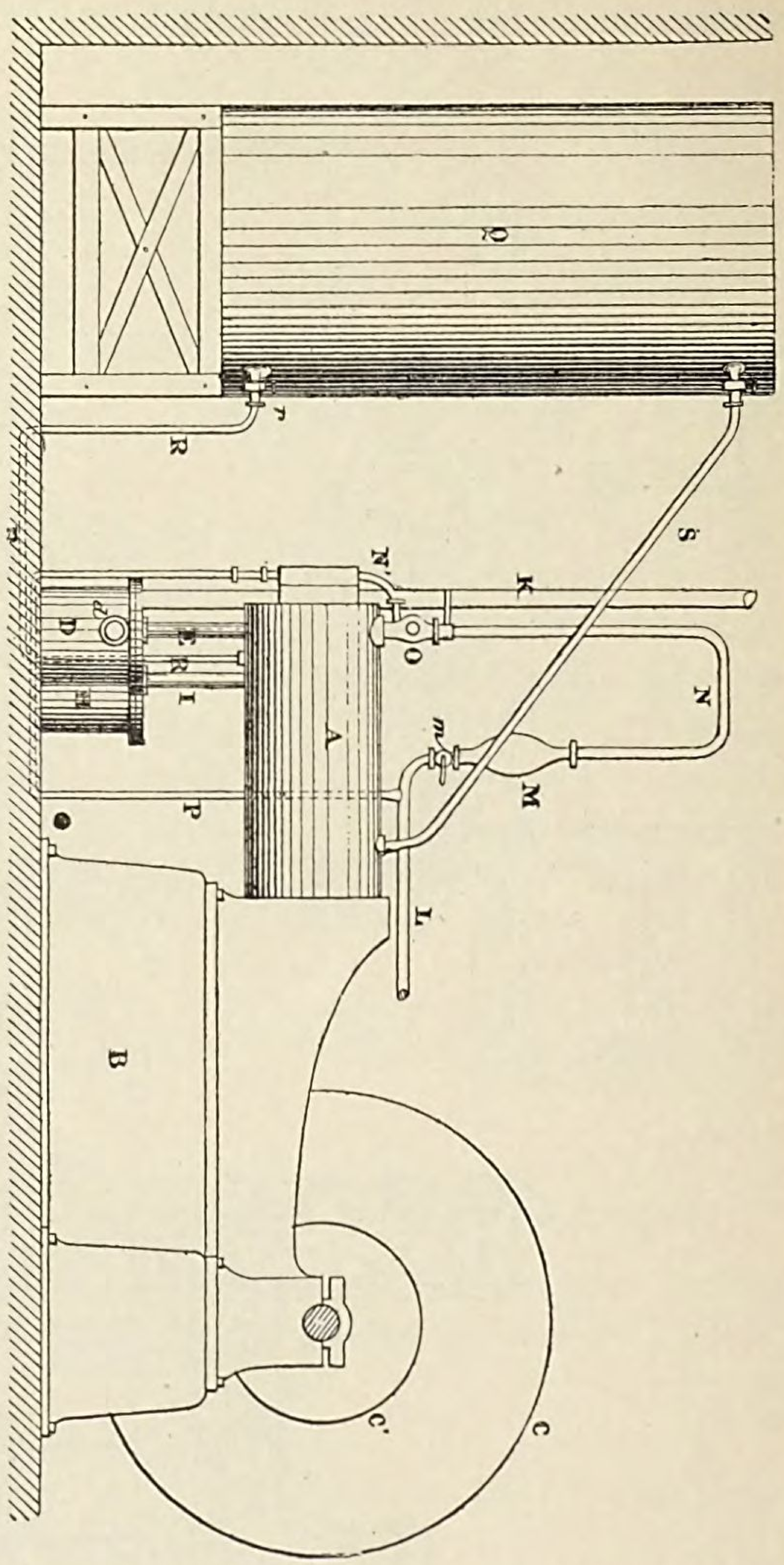


Fig. 148—150. Maassstab 1 : 10.

N Gasmotor, C Arbeitscylinder, M Steinsockel, auf welchem die Maschine durch vier Steinschrauben B befestigt ist. Dieser Steinsockel sitzt auf einer Betonschicht, deren Dicke je nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden ist. E eisernes Auspuffrohr, A gusseiserner Auspufftopf, r Ablasshahn des Auspufftopfes, F Auspuffrohr in's Freie, ca. 0,05 m von der Mauer abstehend, G Druckwasserzuleitung, R Ablasshahn des Wassermantels zum Entleeren des Wassermantels bei Frost, H Abwasserleitung, in's Freie führend, J Luftsaugerohr, in die freie Luft mündend, H' Kühlwasserablauf aus dem Cylinder, z Gashahn der Maschine, K Gasleitung vom Gummibeutel zur Maschine, P Gummibeutel, y Gashahn am Gummibeutel, Q Elementenschrank, S Induktionsrolle, T Grube zur Aufstellung des Auspufftopfes. V V' Rohrkanal mit der Deckplatte t abgedeckt, X Zwischenmauer zwischen der Auspuffleitung und der Gas-, Wasser- und Luftleitung behufs Verhinderung der Erwärmung der letzteren durch erstere, v Schwungrad, v' Riemenscheibe, O Aussenmauer, an welcher der Gummibeutel, der Elementenschrank und die Rohre befestigt sind.





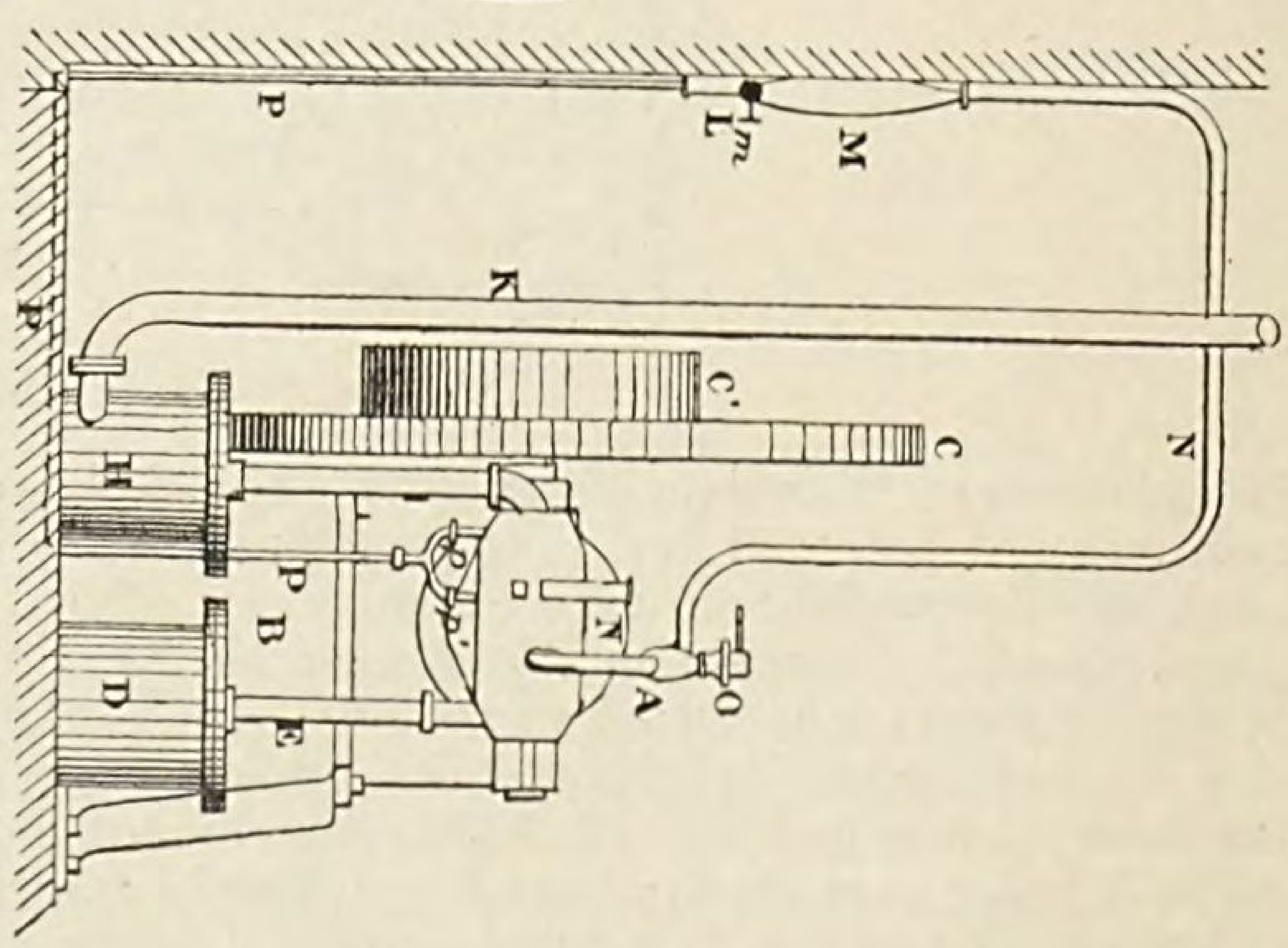


Fig. 151—153.

A Arbeitscylinder, B gusseiserner Sockel, C Schwungrad, C′ Riemenscheibe, D Saugtopf. Derselbe ist aus Gusseisen und steht mit der Aussenluft durch die Oeffnung d, mit der Maschine durch das Rohr E in Verbindung. H Auspufftopf, derselbe ist unten mit einem Ablasshahn, zum Ablassen des Schmieröls, Kondenswassers etc. versehen, steht mit dem Cylinder durch das Rohr J, mit der äusseren Luft durch das Rohr K in Verbindung. L Gasleitung von der Gasuhr zum Gummibeutel, M Gasbeutel, N Gasleitung zwischen dem Gummibeutel und der Maschine mit dem Gashahn O, P Gasleitung, welche vor dem Gummibeutel abgezweigt ist und zur Speisung der Zündflamme und Vermittlungsflamme dient und in die beiden mit Hähnen versehenen Zweigleitungen p und p′ endigt, Q Wasserbehälter, R Wasserzuleitung zum Kühlmantel der Maschine, S Wasserableitung von der Maschine zum Wasserbehälter Q, r und s Regulirhähne in der Wasserleitung, m Gashahn vor dem Gummibeutel M.

Aufstellung eines **Körting**'schen Kühlers. (Fig. 154 und 155.)

Wie bereits erwähnt, können diese Apparate in manchen Fällen die gewöhnlichen Wasserbehälter ersetzen. Hier ist angenommen, dass der

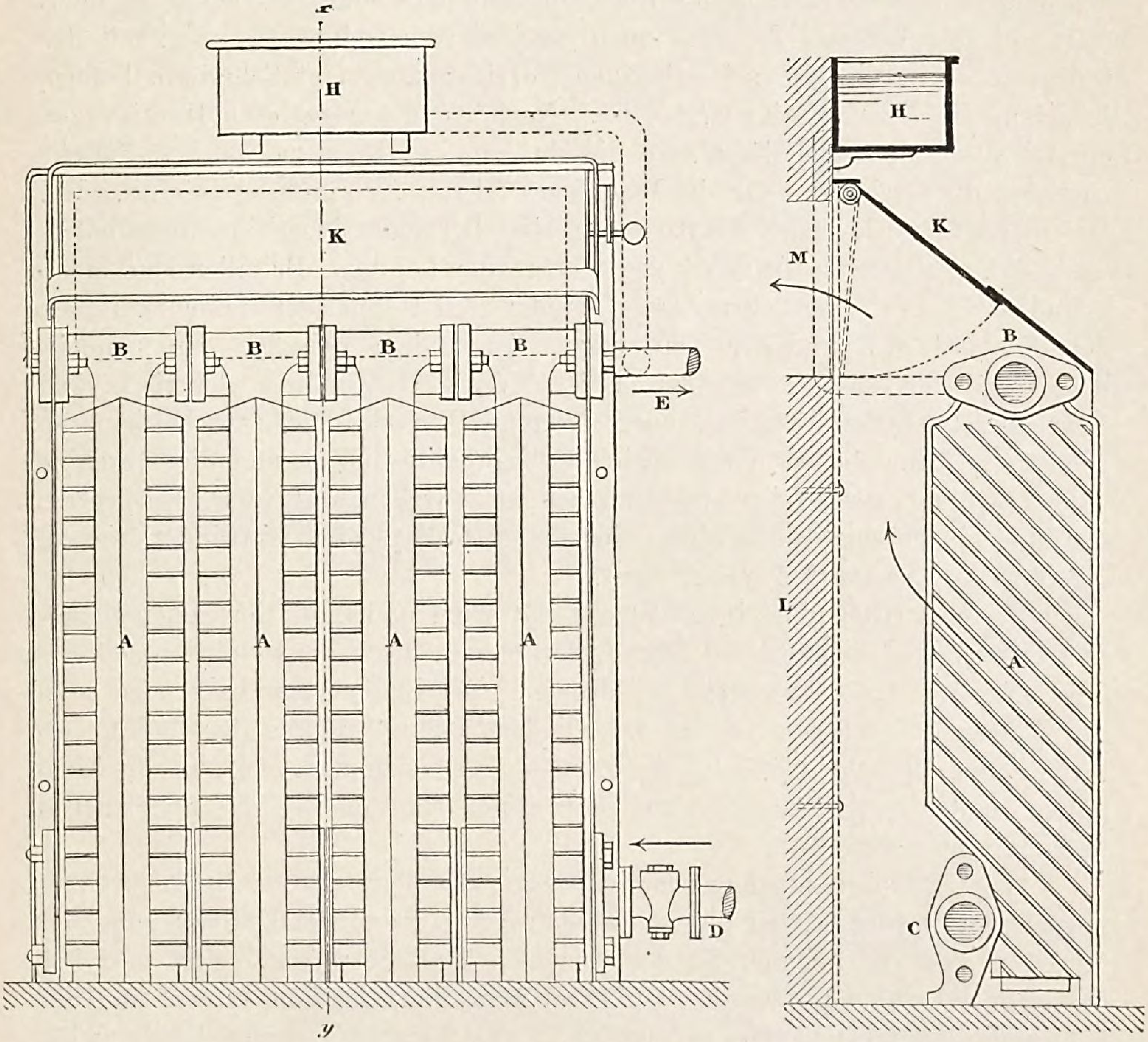


Fig. 154 und 155.
Maassstab 1 : 10.

A Rippenheizkörper, welche miteinander durch die Rohre B und C verbunden sind, D Eintritt des von der Maschine kommenden, heissen Wassers, E Austritt des abgekühlten, zur Maschine fliessenden Wassers, H Expansionsgefäss, K Regulirklappe, in der schwarz gezeichneten Stellung für Heizung, in der punktirt gezeichneten für Lüftung, L Aussenmauer, M Ventilationsöffnung. Apparat ausreichend für eine ½ pferdige Maschine.

Wasserkühler in einem, vom Maschinenraum getrennten und in einer höheren Etage liegenden Raum aufgestellt ist; die Verbindung mit der Maschine ist nicht weiter angegeben, da dieselbe genau wie bei einem Reservoir erfolgt. Wie die Figur zeigt lässt sich der Apparat im Sommer zur Ventilation, im Winter dagegen zur Heizung des Raumes benutzen, in dem er aufgestellt ist.

Das Anlassen und die Wartung der Gasmaschinen. Vor dem Anlassen einer Gasmaschine muss man sich davon überzeugen, ob alle Theile in gutem Zustande sind, und wenn dies nicht der Fall ist, dieselben in Stand setzen. Hierauf müssen die Oelbüchsen und Schmiergefässe gefüllt werden. Werden die Schmiervorrichtungen von der Maschine selbst getrieben, so muss man vor dem Anlassen die von ihnen geschmierten Gelenke u. s. w. mit der Oelkanne ölen, da die selbstthätigen Vorrichtungen erst Schmieröl liefern, nachdem die Maschine im Gange ist. Nachdem die gewohnten Hantirungen einmal ausgeführt sind, lässt man die Maschine angehen, zu welchem Zwecke zunächst die Gasleitung für die Maschine und für die Zündung geöffnet wird. Die hierzu erforderlichen Hantirungen sind bei jeder Maschine verschieden, weshalb nur allgemeine Angaben gemacht werden können. Bei allen Maschinen befinden sich in der Gasleitung zum Cylinder zwei Hähne, deren einer zwischen dem Gummibeutel und dem Gasmesser, der andere zwischen dem Gummibeutel und der Maschine angebracht ist. Wird die Zündung elektrisch, und zwar durch magnetelektrische oder dynamoelektrische Apparate bewirkt, so genügt es, beim Anlassen die beiden Gashähne zu öffnen und die Maschine am Schwungrad zwei- oder dreimal rasch umzudrehen, d. h. den Kreisprozess der Maschine einmal auszuführen, bis die erste Explosion stattfindet, worauf die Maschine von selbst weiter läuft.

Bei elektrischer Zündung mittelst Batterien und Induktionsrollen genügt es meistens, die Gashähne zu öffnen, den Strom durch die Induktionsrolle zu schicken und das Schwungrad zu drehen. Bei Flammenzündung muss man die Zuleitung des Gases zu den verschiedenen, zur Zündung der Ladung erforderlichen Flammen öffnen, die Zündflamme anzünden, sodann die Gashähne in der Gasleitung zum Cylinder öffnen und endlich das Schwungrad in Umdrehung versetzen.

Bei Glührohrzündungen endlich muss zu allererst der Bunsenbrenner angezündet werden, damit sich das Glührohr während der Untersuchung der Maschine und der Schmierung der einzelnen Theile erwärmt. Erst nachdem dasselbe rothglühend geworden ist, kann man die Gashähne öffnen und das Schwungrad antreiben. Die mit Glührohr versehenen Maschinen haben daher keineswegs den ihnen meistens vorgeworfenen Nachtheil, nicht sofort in Gang gesetzt werden zu können, da das Glührohr nach höchstens 10 Minuten rothglühend ist, welche Zeit man für alle Hantirungen benöthigt, welche mit dem Anlassen der Maschine verbunden sind. Das Gesagte mag genügen, um die beim Anlassen erforderlichen Hantirungen im Allgemeinen wiederzugeben. Um eingehendere Angaben hierüber zu machen, wäre es erforderlich, jedes einzelne Maschinensystem für sich besonders zu besprechen. Das Drehen des Schwungrades kann, wie bereits früher erwähnt, auf verschiedene Art ausgeführt werden. Bei starken Maschinen werden, wie ebenfalls schon erwähnt wurde, selbstthätige Vorrichtungen verschiedener Art zum Anlassen der Maschine angewandt. Bei der Anwendung von dynamo- oder magnetelektrischen Apparaten zur Zündung ist es häufig erforderlich, besondere Vor-

richtungen zu treffen, mittels deren man beim Anlassen der Maschine eine für die Stromerzeugung genügende Geschwindigkeit erreichen kann. Bei einigen, mit elektrischer Zündung arbeitenden Maschinen, bei welchen die Zündung vor dem inneren Todtpunkt stattfindet, muss der Umschalter in der Weise regulirt werden, dass beim Anlassen der Funken erst im Todtpunkt des Kolbens überspringt, da ohne diese Vorsichtsmassregel die Maschine, welche von Hand nur langsam angedreht werden kann, bei der ersten Explosion in einem, dem normalen Drehsinne entgegengesetzten Sinne umlaufen könnte, wenn die erste Zündung vor dem Todtpunkt erfolgt.

Der am Gummibeutel befindliche Hahn darf niemals ganz geöffnet werden, da sonst der Gummibeutel zu stark angespannt wird und nicht mehr richtig funktionirt. Beim Anlassen soll auch der Gashahn der Maschine nur theilweise geöffnet sein, während er, sobald die Maschine in Gang gekommen ist, allmählich ganz geöffnet wird, bis die Maschine ihre normale Geschwindigkeit erreicht hat. Hierauf werden die Hähne der Zündflammen bezw. bei elektrischer Zündung die Umdrehungen der Dynamo- oder magnetelektrischen Apparate und die Hähne der Kühlwasserleitung, wenn eine solche vorhanden ist, regulirt.

Für Maschinen mit grösserer Leistung, deren Anlassen grössere Schwierigkeiten verursacht, ist folgendes zu bemerken: Die Schwierigkeit des Anlassens liegt hauptsächlich in den Zündvorrichtungen. Findet elektrische Zündung statt, so muss man sich vor allen Dingen von dem guten Zustand der Stromerzeuger, der Leiter und der Zünder überzeugen. Ein einziger, zwischen die Spitzen des letzteren gefallener Oeltropfen oder ein zu grosser Abstand der Spitzen von einander genügt, um die Zündung zu verhindern. Springt zwischen den Spitzen nur ein schwacher Funke über, so hört man im Zünder ein Geräusch, welches darauf schliessen lässt, dass keine vollständige Isolirung stattfindet. Bei Flammenzündungen muss man sich davon überzeugen, ob der Zündkanal nicht verstopft ist und ob die Zündflamme gross genug ist. Handelt es sich um ein stark abgenutztes Glührohr, so muss dasselbe sofort ausgewechselt werden, was in kurzer Zeit geschehen kann. Liegt die Ursache der Betriebsstörung dagegen nicht in der Zündung, so hat man sich zu überzeugen, ob die Einströmung und Ausströmung im richtigen Momente stattfindet. Zu diesem Zwecke muss man untersuchen, ob die Schieberkanäle nicht durch Schmutz oder alte, verbrauchte Schmiere verstopft sind, ob die Ventile nicht durch Staub offen gehalten werden und ob sämmtliche Theile sich leicht bewegen lassen. Schliessen die Ventile nicht dicht, so findet nur eine theilweise Kompression statt. Man erkennt dies sofort dadurch, dass man das Schwungrad der Maschine in einem, dem normalen Drehsinn entgegengesetzten Sinne umdreht. Spürt man hierbei einen starken Widerstand und wird der Kolben, wenn man das Schwungrad loslässt, wieder nach vorwärts geschleudert, so findet die Kompression in richtiger Weise statt. Muss die Maschine gereinigt werden, so soll dies sofort ausgeführt werden, da man mehr Zeit damit verliert, um eine verschmutzte Maschine in Gang zu

setzen, als sie zu reinigen. Während des Betriebes ist darauf zu achten, dass kein Theil der Maschine sich warm läuft. Ist letzteres doch der Fall, so muss die Maschine sofort still gesetzt und untersucht werden, ob die Schmierung an dem warmgelaufenen Theil richtig funktionirt. Ist letzteres der Fall, so kann die Erwärmung von zu starkem Anziehen der Verbindungsschrauben herrühren. In diesem Falle sind dieselben zu lösen, die erwärmten Theile reichlich zu schmieren, und die Maschine erst wieder nach erfolgter Abkühlung in Gang zu setzen. Findet dann trotzdem noch ein Warmlaufen statt, so hat dasselbe seinen Grund in inneren Ursachen (z. B. Staub), welche natürlich auch sofort beseitigt werden müssen. Wird die Schmiervorrichtung nicht selbstthätig von der Maschine bewegt, so müssen die Schmierapparate so regulirt werden, dass die Schmierung reichlich, regelmässig und andauernd erfolgt. Die aufeinander arbeitenden Flächen müssen stets rein gehalten und von alter Schmiere befreit werden. Wie bereits früher auseinandergesetzt wurde, kann das überflüssige Schmieröl durch besondere Reinigungsapparate wieder gereinigt und von neuem benutzt werden. Bewegt sich der Kolben im Cylinder nur schwer hin und her, so kann dies seinen Grund in einer an der inneren Oberfläche des Cylinders haftenden Schmierschicht haben. Um diese zu beseitigen, wäre eine sofortige Reinigung des Cylinders nothwendig. Soll dieselbe jedoch für eine passendere Gelegenheit aufgeschoben werden, so genügt es vorläufig, die Bewegung des Kolbens dadurch zu erleichtern, dass man etwas Petroleum in den Cylinder einfliessen lässt und von Hand einige Leerläufe der Maschine ausführt. Zur Schmierung soll man nur gute und absolut reine Mineralöle anwenden, welche den Cylinder nicht verschmieren.

Die Regulirung der Geschwindigkeit der Maschine erfolgt im Allgemeinen selbstthätig. Indessen kann man dieselbe auch entsprechend der wechselnden Leistung durch Verstellung des Gashahns der Maschine bewirken. Beim Stillstand der Maschine müssen alle Schmiervorrichtungen und alle übrigen Oeffnungen geschlossen werden, sowie alle Theile sich möglichst in der Ruhelage befinden. Bei einfach wirkenden Maschinen ist es angezeigt, dieselben im äusseren Todtpunkt stehen zu lassen, damit kein Staub in die Cylinder kommen kann. Wie alle Maschinen erfordern auch die Gasmaschinen zu ihrer Wartung grosse Reinlichkeit. Namentlich der Regulator bedarf einer sehr aufmerksamen Pflege und müssen die Gelenke desselben stets rein und leicht spielend gehalten werden. Der Kolben sollte ungefähr alle Monate aus dem Cylinder herausgenommen werden und sowohl er, als auch der Cylinder mit in Petroleum oder in irgend einer andern, reinigenden Flüssigkeit getränkten Seiden- oder Leinenlappen gereinigt werden. Die Kolbenringe sollen in ihren Nuthen leicht spielen und auch die letzteren sehr sauber gehalten werden. Bevor der Kolben wieder eingesetzt wird, müssen die Wände des Cylinders gut geschmiert und der Kolben mit der Hand im Cylinder hin und herbewegt werden. Die aufeinander reibenden Theile des Kolbens und der inneren Cylinderfläche einer in gutem Zustand befindlichen

Gasmaschine sollen ein bräunlich glänzendes Aussehen haben. Eine Furche oder eine Höhlung im Cylinder bewirkt immer einen Kraftverlust.

Zeigen die aufeinanderreibenden Flächen eine Spur von Rost, so sind die angewandten Schmieröle unbrauchbar. Giebt die Maschine nicht ihre normale Leistung und arbeiten doch alle Theile richtig, so kann man daraus schliessen, dass der Kolben nicht vollständig dicht schliesst oder der Cylinder unrund geworden ist. Man erkennt dies an Luftblasen, welche sich bilden, wenn man das Schwungrad dreht, nachdem Oel auf die Dichtungsringe gegossen ist. Auch die Ventile sollen häufig, mindestens jedoch alle Monate nachgesehen und mit Petroleum gereinigt werden. Verdicktes Oel kann mit einem Messingschaber abgekratzt werden. Die Ventilstangen müssen ebenfalls gut geschmiert werden, damit sie leicht beweglich sind. Die Ventile und besonders die Auslassventile müssen sehr dicht schliessen, weshalb dieselben sorgfältig eingeschliffen werden müssen. Beim Wiederzusammensetzen der auseinander genommenen Theile ist darauf zu achten, dass alle Verbindungen richtig wieder hergestellt werden. Die Schieber sollten nach ungefähr je 24 –30 Stunden Arbeitszeit mit Seidenlumpen oder einem, mit Petroleum oder einer anderen Flüssigkeit getränkten Leinenlappen gereinigt werden. Bevor dieselben wieder eingesetzt werden, giesse man auf dieselben drei bis vier Tropfen besten Mineralöls, verschmiere dieselben mit dem Ballen der Hand, und lasse den Schieber sodann auf dem Schieberspiegel mehrmals hin und hergleiten, damit sich das Schmieröl gut über die ganze Fläche vertheilt. Auch ist hierbei dafür Sorge zutragen, dass sich kein metallischer oder anderer Staub auf irgend einer Fläche befindet. Blasen die Schieber ab, d. h. lassen dieselben verbrannte Gase durch, so müssen die Schieberfedern fester angespannt werden. Die Schieber sollten jedes halbe oder ganze Jahr abgeschliffen werden, während die Einströmungs- und Zünd-Kanäle sehr oft gereinigt werden müssen. Der Schieberspiegel dagegen sollte so selten wie möglich abgenommen werden. Giebt die Maschine bei jeder Explosion einen Schlag, so beweist dies, dass die Lagerschalen abgenutzt sind und erneuert werden müssen. Sind die Zapfen der Gelenke an irgend einer Stelle abgenutzt, so empfiehlt es sich, dieselben um 90^0 zu drehen. Die Kontakte der Batterien, Induktionsrollen, Zünder u. s. w. müssen mit feinem Schmirgelleinen oft gereinigt werden. Die Elemente sind, wie bereits erwähnt, meistens Chromelemente mit Thoncylindern.

Im Folgenden ist ein Verfahren angegeben, dieselben zu füllen, welches sich gut bewährt hat. Jedes Element soll im Allgemeinen 2,2 kg Flüssigkeit enthalten, weshalb man 4,4 kg derselben für die beiden Elemente in der folgenden Weise herstellt. Man nehme ein Steingutgefäss, schütte in dasselbe 0,87 kg chromsaures Eisen, giesse hierauf 1,89 kg warmes Wasser, lasse die Mischung 5 Minuten stehen, giesse hierzu noch 0,775 kg Schwefelsäure, rühre das Ganze einige Zeit um und lasse es 10—12 Stunden stehen. Hierauf giesse man nochmals 0,775 kg Schwefelsäure hinzu und fülle die Lösung,

nachdem sie erkaltet ist, in die Elemente ein[1]). Zu diesem Zwecke giesse man die Flüssigkeit in den Thoncylinder bis zum oberen Rand des Ringes des äussern Porzellancylinders, in letzteren dagegen reines Wasser bis zum unteren Rand desselben Ringes. In Folge des Niveauunterschiedes der Flüssigkeit in beiden Gefässen, dringt dieselbe durch den porösen Thoncylinder und wirkt auf das Zink. Um jedoch die Zeit zu sparen, welche vergeht, bis die Säure durch den Cylinder gedrungen ist, giesse man in das reine Wasser des äussern Gefässes einige Tropfen der Lösung, worauf die Elemente sofort wirksam werden. Die Dauer dieser Elemente ist ungefähr 150 Stunden[2]). Da sich die Flüssigkeit im Laufe der Zeit nicht zersetzt, ist es empfehlenswerth, gleichzeitig eine grössere Menge derselben anzufertigen. Im Folgenden ist ein Rezept für 35 kg dieser Lösung angegeben, deren Mischung in derselben Weise wie oben erfolgt.

Chromsaures Eisen	7	kg
Warmes Wasser	16	„
Schwefelsäure von 66 %	12,5	„

(Von letzterer jedesmal 6,25 kg zuzugiessen.)

Die Glührohre haben eine Betriebsdauer von ungefähr 150 Arbeitsstunden. Um dieselben auszuwechseln, wird das alte Rohr abgeschraubt und das neue eingesetzt, nachdem ein wenig Bleiweiss auf das Gewinde geschmiert ist.

Das im Vorhergehenden über die Wartung etc. Gesagte mag genügen, da besondere Vorschriften, welche für die verschiedenen Maschinen-Systeme verschieden sind, in der, einer jeden Maschine beigegebenen Anleitung zum Anlassen der Maschine enthalten sind.

1) Das chromsaure Eisen kostet ungefähr 2 Frcs. = 1,60 Mk. per Kilogramm, die Schwefelsäure, welche im Handel leicht zu haben ist, ca. 0,25—0,3 Frcs. = 0,20 – 0,24 Mk. per Liter.

2) Ihre Unterhaltungskosten betragen ca. 0,015 Frcs. = 1,2 Pfg. pro Stunde.

Sechstes Kapitel.

Allgemeine Betrachtungen über die mit minderwerthigen Gasen betriebenen Maschinen und die Apparate zur Erzeugung dieser Gase.

Allgemeiner Ueberblick über die Apparate zur Erzeugung minderwerthiger Gase.

Mit der immer mehr wachsenden Vervollkommnung der Gasmaschinen nimmt ihre Beschränkung auf die Kleinindustrie immer mehr ab. Leider war jedoch der hohe Preis des Leuchtgases bisher das Haupthinderniss für den Bau und Betrieb grösserer Gasmaschinen, weshalb das Augenmerk der Erfinder darauf gerichtet sein musste, billige Gase zu erzeugen, welche gleichfalls zum Betriebe dieser Maschinen geeignet waren. Die erste Lösung dieser Frage, welche sich dem erfinderischen Geiste zunächst aufdrängen musste, bestand darin, gleichfalls gewöhnliches Steinkohlengas anzuwenden, welches jedoch an Ort und Stelle selbst erzeugt wurde. Diese Lösung hatte indessen nur für einen grossen Gasverbrauch gewissen Vortheil, sowie da, wo ein Theil des erzeugten Gases ausser zum Betriebe der Gasmaschinen auch zur Beleuchtung der Werkstätten dienen kann. Nur in diesem Falle lässt sich ein gewisser Gewinn erzielen, da der Einkauf minderwerthigen Brennmaterials, welches für die Gasfabriken von Vortheil ist und es ihnen ermöglicht, das Gas zu billigen Preisen abzugeben, bei geringerer Gaserzeugung, namentlich aber in kleineren Distrikten seinen Vortheil verliert. Eine bessere Lösung ist die Anwendung brennbarer Gase, welche jedoch nicht aus Steinkohlen, sondern aus irgend welchen anderen Stoffen gewonnen werden, z. B. aus thierischen Abfallstoffen, Fetten, Rückständen der Petroleumfabrikation, Harzen etc. Für die Gewinnung des Gases aus diesen Stoffen ist eine grössere Anzahl von Prozessen vorgeschlagen worden, welche jedoch alle auf der Destillation dieser verschiedenen Stoffe beruhen, deren Nutzeffekt jedoch mit der Natur der Rohstoffe veränderlich ist. Die bituminösen und flüssigen

Brennstoffe, welche man in einzelnen Gegenden findet, sowie die Rückstände der Petroleumraffinerie scheinen immer die besten Resultate zu geben, da ihr Preis nicht über 20 Frks. oder 16 Mark für 100 kg steigt. Aus diesen Stoffen hat man vorzügliche Gase gewonnen, deren Heizeffekt demjenigen des Steinkohlengases gleichkommt und deren Herstellungspreis auf $^1/_{10}$ Frks. = 8 Pfg. für den Kubikmeter heruntergegangen ist. Alle Methoden der Gasgewinnung, welche soeben erwähnt wurden, sind auch für die Erzeugung mehr- oder weniger gasreicher Leuchtgase zur Anwendung gebracht worden. Diese gasreichen Leuchtgase eignen sich allerdings auch zum Betriebe der Gasmaschinen, indessen zieht man hierfür im Allgemeinen die sogenannten minderwerthigen Gase vor, welche auf verschiedene Art und Weise aus Anthrazit, mageren Kohlen oder Koks gewonnen werden. Bei Versuchen, welche kürzlich von der Firma Buire in Lyon mit einem sechspferdigen Simplexmotor stattgefunden haben, wurden minderwerthige Gase angewandt, welche mittelst eines Siemens'schen Gasapparates (System Lencauchez) erzeugt waren. Die Versuche waren hinsichtlich des Gasverbrauches sehr zufriedenstellend, da nur 750 g minderwerthiger Kohle für ein effektives Stundenpferd erforderlich waren. Dieselben haben ferner bewiesen, dass in einer Fabrikanlage, welche die Siemens'schen Generatoren sowieso für verschiedene andere Zwecke gebraucht, der Betrieb der Gasmaschinen durch diese Generatorgase am billigsten und einfachsten wird. Dienen dagegen die Generatoren nur für die Erzeugung des Betriebsgases, so ist ihre Unterhaltung zu theuer.

Sehr gute Resultate werden gleichfalls mit dem unter dem Namen Wassergas bekannten minderwerthigen Gas erzielt. Schon vor ca. 100 Jahren war dieses Gas erfunden worden, und wurde seit jener Zeit eine Reihe von Patenten, welche sich auf die Herstellung desselben bezogen, genommen. Namentlich in Amerika wird dieses Gas häufig angewandt, jedoch hauptsächlich zu Beleuchtungszwecken, was seinen Grund darin hat, dass in Amerika der Anthracit leichter und billiger zu haben ist als Gaskohle. Zahlreiche in Europa zur Verwendung des Wassergases für Beleuchtungszwecke angestellte Versuche führten zu keinem befriedigenden Resultat. Das Prinzip der Fabrikation beruht im Wesentlichen darauf, Wasserdampf mit glühenden Kohlen in Berührung zu bringen. Hierbei bildet sich ein brennbares Gas, eine Mischung von Kohlensäure, Kohlenoxyd, Sauerstoff, Wasserstoff etc. und ist das Verhältniss der verschiedenen Gasarten zu einander von der angewandten Wasserdampfmenge und Kohlenmenge abhängig. Die chemische Umsetzung, welche man bei diesem Verfahren auszuführen bestrebt ist, wird theoretisch durch die Gleichung dargestellt: $4HO + 4C = 4CO + 4H$.

In Wirklichkeit erhält man jedoch, namentlich in Folge des Luftüberschusses, welcher zur Unterhaltung der Verbrennung der Kohlen erforderlich ist, diese Zusammensetzung der Gase nicht. Vielmehr ist das wirklich erhaltene Gas viel ärmer an Wasserstoff, als das theoretische Gas und enthält ausserdem Stickstoff und Kohlensäure. Während sein theoretischer Heizeffekt 3000 W. E. pro cbm übersteigt, erhält man in Wirklichkeit meistens kaum

1400 W. E. Unter den hauptsächlichsten, zur Gewinnung des Wassergases gebrauchten Apparaten sind diejenigen von Pascal, Strong, Lowe und Dowson zu erwähnen. Der Pascal'sche Apparat, welcher aus dem Jahre 1861 stammt, wird seit längerer Zeit nicht mehr angewandt. Er bestand aus einem cylindrischen Generator, welcher von einem, mit ihm in Verbindung stehenden Dampfkessel eingeschlossen war. Am obern Ende des ersteren befand sich ein Schornstein, welcher durch eine Klappe verschlossen war, sowie ein Fülltrichter für den Brennstoff. Eine in den Aschenkasten mündende Rohrleitung verband diesen mit einer Kammer, in welcher sich ein durch die Maschine hin und herbewegter Schieber befand. Dieser Schieber stellte nun abwechselnd die Verbindung zwischen dem Aschenkasten und einem Gebläse bezw. einem Gasometer her. Im ersteren Falle strömte atmosphärische Luft unter einem gewissen Drucke durch die brennende Kohlenmasse von unten nach oben, unterhielt die Verbrennung, öffnete die Klappe im Schornstein und entwich durch den Kamin. Wurde durch den Schieber dagegen die Verbindung mit dem Gasometer hergestellt, so strömte Wasserdampf durch die glühenden Kohlen von unten nach oben, worauf das hierbei erzeugte Wassergas in den Gasometer entwich.

Der Generator von Strong eignet sich vor allen Dingen für grössere Anlagen. Derselbe bestand aus einem sogenannten Gasgenerator und zwei Kammern, welche durchlöchert und mit Steinen angefüllt waren, deren letztere mit einem, durch eine Klappe verschlossenen Schornstein in Verbindung stand. Die Luft strömte unter Druck unter den Rost des Gasgenerators, hierauf durch die Kohlen hindurch und bewirkte deren Verbrennung. Die Feuergase zogen durch die beiden erwähnten Kammern und von hier nach Aufheben der Verschlussklappe durch den Kamin ins Freie. Nachdem die Kohlen glühend und die in den Kammern befindlichen Steine hellroth geworden waren, wurde die Luftzuströmung unter dem Rost unterbrochen und Wasserdampf neben der, den Kamin abschliessenden Klappe einströmen gelassen, sodass derselbe genau den umgekehrten Weg wie die Luft zurücklegte, sich in den, mit Steinen ausgesetzten Kammern erwärmte und die glühende Kohlenschicht von oben nach unten durchzog, worauf das erzeugte Wassergas durch eine, unter dem Rost des Gasometers mündende Rohrleitung nach dem Gasometer geleitet wurde. War die Gluth der Kohlen allmählich gesunken, so wurde von neuem Luft durchgeblasen. Nach Witz bestand das Strong'sche Wassergas aus folgenden Bestandtheilen:

Wasserstoff	53 %
Kohlenoxyd	35 %
Kohlenstoffverbindungen	4 %
Nicht brennbare Gase	8 %
	100 %

Sein Heizeffekt sollte 2500 W. E. pro cbm, seine mittlere Dichtigkeit 0,54 betragen.

Der in Amerika sehr verbreitete Apparat von Lowe ähnelt dem Strong'schen Generator in vieler Beziehung, indessen dürfte das mit dem letzteren erhaltene Gas ärmer an Wasserstoff, dagegen reicher an Kohlenstoffverbindungen sein, als das mit dem Lowe'schen Apparat erzeugte Gas. Der Apparat von Dowson, welcher im Folgenden eingehend beschrieben werden soll, ist vorzugsweise für den Betrieb von Gasmaschinen gebaut.

Der Dowson-Generator.

Dieser in den Fig. 156—158 abgebildete Apparat besteht im Wesentlichen aus einem, mit einem ringförmigen Wasserraum B versehenen Dampfkessel A, in dessen Innern sich der Rost a und ein zur Ueberhitzung des Dampfes dienendes Schlangenrohr c befindet. Im unteren Theile des Kessels liegt der Rost b, darunter der Aschenkasten C, seitlich davon der Kamin d zur Abführung der Verbrennungsgase. Am obern Ende des Kessels befindet sich ein mit einer Klappe verschlossener Trichter e zum Einfüllen des Brennmaterials, wozu meistens Koks, zuweilen auch Steinkohlen und seltener Generatorgas selbst angewandt wird. Im letzteren Falle besteht der Dampferzeuger aus einem schlangenförmigen Rohre, welches sich in einer gemauerten Kammer befindet. Das unter einem Drucke von 1—3 Atm. (je nach den Dimensionen des Kessels und dem gewünschten Gasdruck) in den Kessel eingeführte Wasser strömt durch das Rohr f ein. Der Wasserdruck kann mit Hilfe eines hochliegenden Gefässes oder einer Druckpumpe oder eines durch den aus dem Kessel entnommenen Dampf betriebenen Injektors erzeugt werden. Man rechnet ungefähr 145 ccm Wasser für einen cbm Gas, also ungefähr 600 ccm Wasser für ein Stundenpferd. Der Kessel B ist mit allen für einen gewöhnlichen Kessel erforderlichen Armaturen, einem Manometer, einem Sicherheitsventil, einem Wasserstandsglas etc. versehen. Der Dampfdruck wächst selten über 7 Atm. Der erzeugte Dampf geht durch das Rohr g, den Dampfüberhitzer c und das Rohr h zum eigentlichen Gasgenerator. Bevor er jedoch in denselben eintritt, strömt er durch einen Luftsaugeapparat D, worauf das Gemisch von Luft und Dampf in den oberen Theil des Gasgenerators einströmt. Derselbe bildet eine, aus Eisenblech hergestellte, cylindrische Kammer, welche allseitig, mit Ausnahme des obern Endes abgeschlossen ist und auf einem Rost die dicke Brennstoffschicht trägt, durch welche das Gemisch von Luft und Dampf hindurchströmt, erstere um die Verbrennung zu unterhalten, letztere um das Gas zu erzeugen.

Der eigentliche Generator besteht aus einem, im Innern mit einer feuerfesten Masse ausgefütterten, schmiedeeisernen Cylinder F, an dessen oberen Ende der Einfülltrichter i angebracht ist, der seinerseits durch einen Deckel j und ein durch ein Gegengewicht l belastetes Ventil k geschlossen ist. Das Ventil k kann sich nur öffnen, wenn eine neue Brennstoffladung eingefüllt ist und hierdurch das Gegengewicht gehoben wird. Das entstandene Gas zieht durch das Rohr m ab, gelangt zunächst in eine durch eine Klappe verschlossene Kammer G und strömt durch das Rohr n in die rechte Kammer H

eines theilweise mit Wasser gefüllten Gefässes HI. Der Wasserspiegel in letzterem wird mittelst des umgebogenen Rohres o auf konstanter Höhe er-

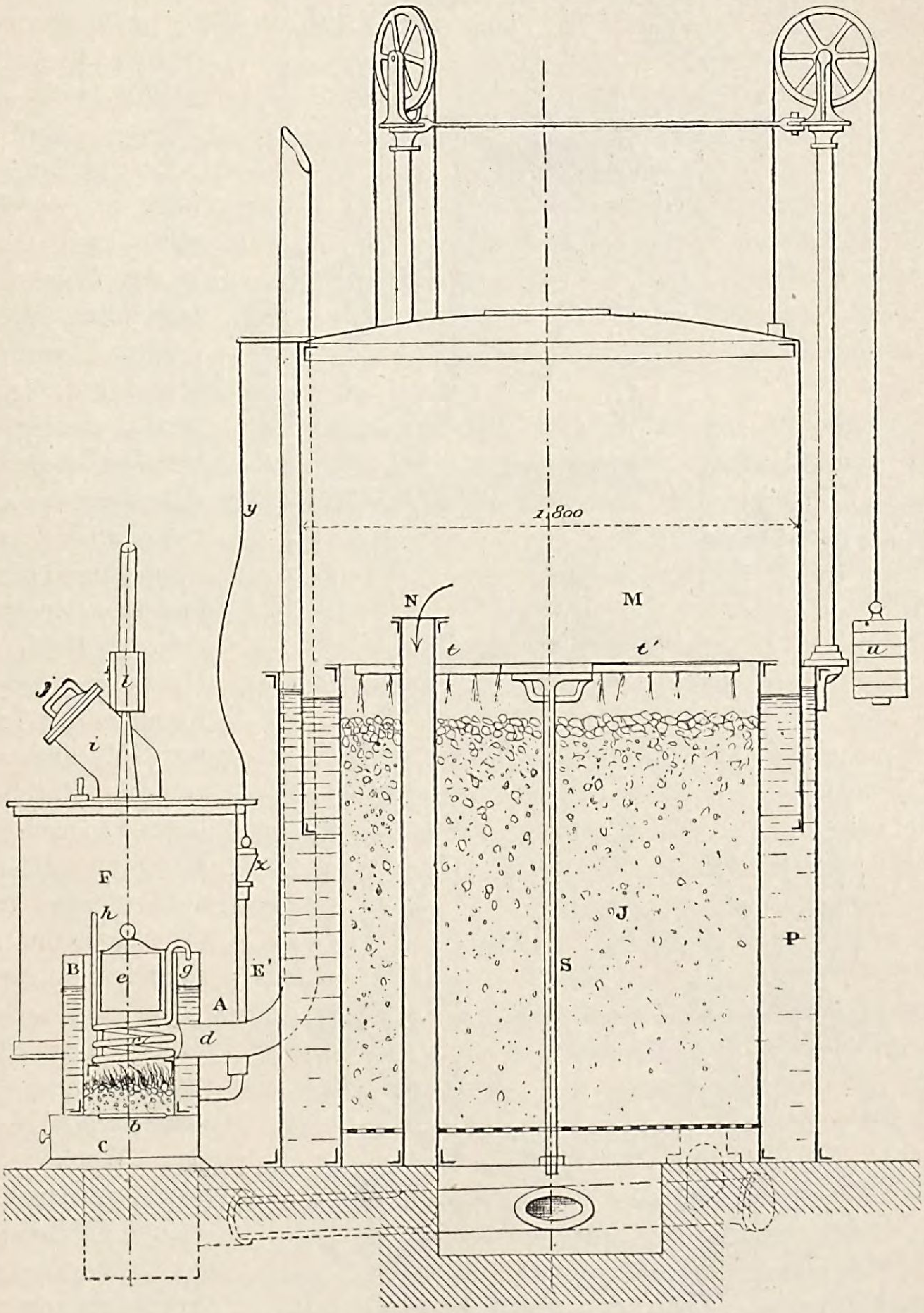


Fig. 156.

halten. Von hier strömen die Gase durch das Rohr p aus und gelangen zunächst in einen Wasch- und Kondensirapparat, um abgekühlt und von Staub, Asche, theerbildenden und ammoniakhaltigen Substanzen befreit zu

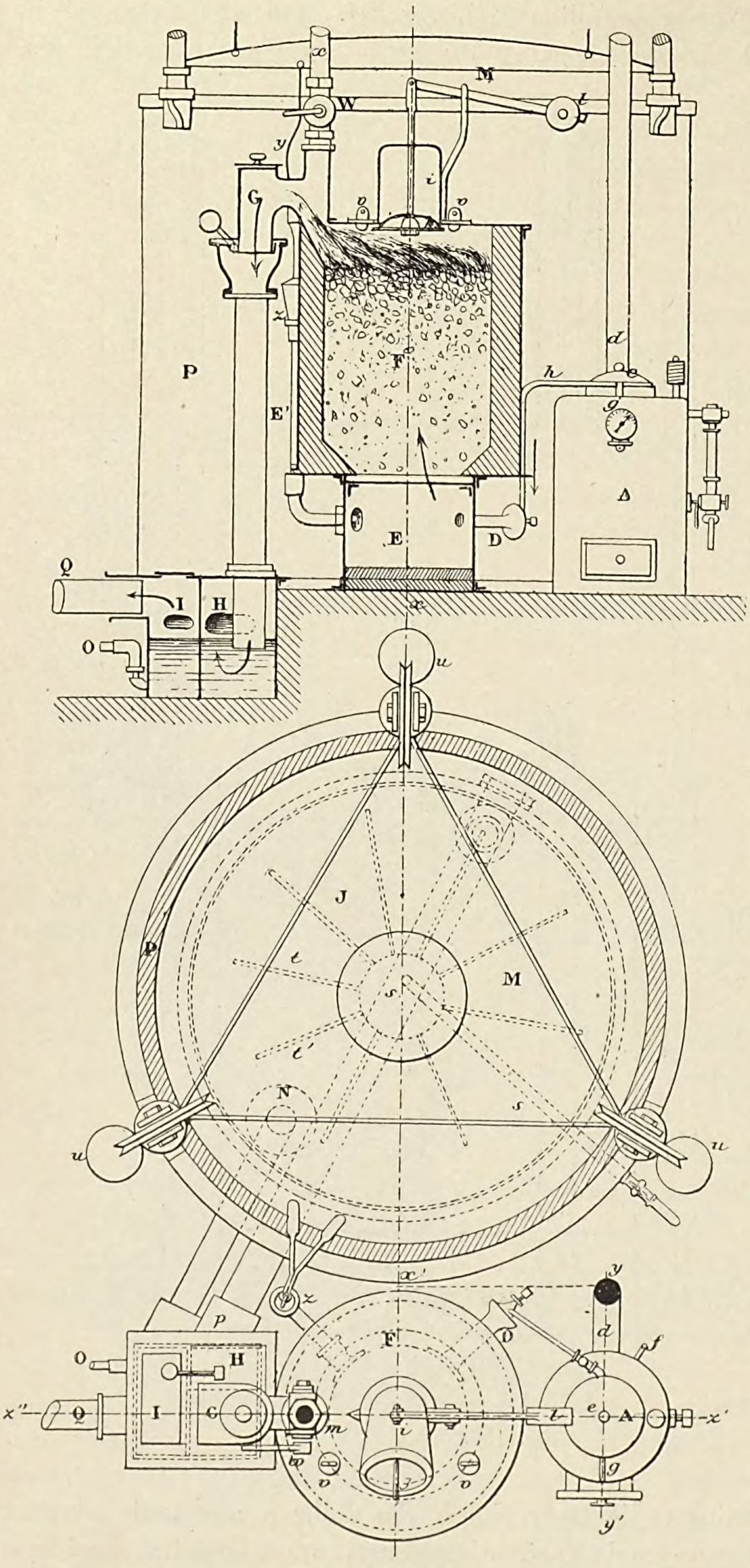


Fig. 157 und 158.

werden. Hierzu dient der mittlere Raum des Gasometers I. Derselbe ist zu diesem Zwecke mit Koks gefüllt, auf welchen Wasser niederrieselt, das durch das Rohr s zugeführt wird und aus den in den Rohren t, t′ befindlichen kleinen Löchern ausfliesst. Das durch die Leitung p zuströmende Gas durchströmt den Reinigungsapparat I von unten nach oben, kommt hierauf in den Gasometer M, strömt durch das Rohr N in die zweite Kammer der Trommel HI und wird von hier durch ein Rohr O nach der Maschine geleitet, auf welchem Wege es eine Reihe aufeinander folgender Gefässe durchströmt. Das erstere enthält Sägespähne, welche alle zwei oder drei Wochen erneuert werden müssen und dazu dienen, die Staubtheilchen zurückzuhalten und das Gas zu trocknen. Im zweiten Gefäss befindet sich eine Eisenoxydlösung, um das Gas zu

reinigen, während das dritte Gefäss mit Petroleum gefüllt ist, welches dem Gase einen Petroleumgeruch verleihen soll, damit etwaige durch Undichtigkeit der Leitung entstehende Gasverluste leicht entdeckt werden können. Der Gasometer M bietet nichts bemerkenswerthes. Er ist durch drei Gegengewichte u in seiner Lage gehalten und bewegt sich in dem, den Reiniger umschliessenden, ringförmigen Gefäss P auf und nieder. Mehrere im Deckel des Gasgenerators angebrachte Sicherheitsventile v lassen das Gas ausströmen, wenn der Druck zu stark wird. Demselben Zwecke dient der Hahn W und die Ableitung x sowie das selbstthätig wirkende Ventil z, welches sich am obern Ende des Rohres E befindet und vermittelst einer Kette y mit der Gasometerglocke M verbunden ist. Findet nun eine Ueberproduktion von Gas statt, so wird hierdurch die Glocke gehoben, worauf in einer bestimmten Lage die Kette y das Ventil z solange öffnet, bis die Gasbildung wieder normal geworden ist.

Der vorbeschriebene Apparat ist der gebräuchlichste. Derselbe findet namentlich dann Anwendung, wenn das Gas keine grossen Mengen von Schwefel, Ammonik, Theer oder flüchtigen Bestandtheilen enthält. Um letzteres zu erreichen, wird der Gasgenerator mit Anthrazit oder Giessereikoks gespeist, welcher sich im Handel rein und billig beschaffen lässt (zu ungefähr 35—40 Fr. pro 100 kg in Paris).

Die Ausführung der Dowson'schen Apparate liegt in Frankreich in den Händen der Firma Dehaitre, in England in denen der Dowson-Economic-Gas-Co.

Findet ein grosser Verbrauch von Wassergas statt, so werden mehrere Generatoren neben einander aufgestellt, welche von einem einzigen Kessel bedient werden, deren Gas, nachdem es die mit feuchtem Koks angefüllten Reinigungsapparate durchströmt hat, nach einem gemeinsamen Gasometer strömt. Nach dem Gesagten ist es leicht, einen Vergleich zwischen dem Dowson'schen und den früher besprochenen Apparaten anzustellen. Bei den letzteren, speziell bei den Apparaten von Pascal, Strong, Lowe etc. strömte die Luft und der Wasserdampf abwechselnd durch die Brennstoffschicht, wobei die Luft die Verbrennung unterhalten sollte, der Dampf dagegen durch seine Zersetzung durch die glühenden Brennstoffe zur Gasbildung dienen sollte. Auch im Dowsonapparat sind dieselben Stoffe vorhanden und ist ihr Zweck der nämliche, dagegen strömen Luft und Wasserdampf fortgesetzt durch die glühende Masse. Es ist leicht einzusehen, dass die auf die erstere Art und Weise gebildeten Gase, bei welchen der Wasserdampf allein durch den Brennstoff strömt, weniger Stickstoff enthalten werden und einen grösseren Heizeffekt geben werden, als die mit dem Dowson'schen Apparate erzeugten Gase, welche ausser dem Sauerstoff des Wasserdampfes noch denjenigen der Luft und den ganzen Stickstoff der letzteren und den Wasserstoff des ersteren gemeinsam enthalten. Der übrige Verlauf der Gaserzeugung ist in beiden Fällen derselbe, indem der Sauerstoff sich mit dem Brennmaterial zu Kohlensäure verbindet, welche sich beim Durchgang durch

den glühenden Brennstoff wieder reduzirt und schliesslich Kohlenoxyd ergiebt. Die Zusammensetzung des Dowsongases ist ungefähr folgende:

Wasserstoff	20 %
Kohlenoxyd	30 %
Nicht brennbare Gase	50 %
	100 %

Wie die vorstehende Tabelle zeigt ist der Gasreichthum des Dowsongases beträchtlich geringer als derjenige der mit den vorerwähnten Generatoren erzeugten Gase. Trotzdem ist der Dowson'sche Apparat gerade zum Betriebe von Gasmaschinen den ersteren Apparaten vorzuziehen, sowohl seiner grösseren Leistungsfähigkeit als auch seiner grösseren Einfachheit, seines geringeren Volumens und seiner leichteren und billigeren Aufstellung wegen. Ein Dowson-Generator verbraucht im Allgemeinen ungefähr 145 ccm Wasser und 200 g Anthrazit für einen cbm Wassergas. Hieraus ergiebt sich sofort, dass der Preis dieses Gases sehr gering ist; derselbe beträgt ungefähr 0,02 Fr. = 1,6 Pf. pro cbm. Da man jedoch 4—5 mal so viel Wassergas als Steinkohlenleuchtgas benöthigt, um denselben Heizeffekt zu erzielen, so ergiebt sich, dass die gleiche Leistung, welche bei der Verbrennung eines cbm Leuchtgas bei einem Preise von 0,30 Fr. = 24 Pf.[1]) erzielt wird, bei der Anwendung von Wassergas nur 0,10 Fr. = 8 Pf. kostet. Bei Anwendung dieses Apparates stellt sich der Anthrazitverbrauch auf rund 650 g für ein Stundenpferd.

Der Wassergasapparat System Buire-Lencauchez.

Dieser von der Firma Matter u. Cie. (vorm. Powell u. Co.) in Rouen in Frankreich gebaute und zum Betrieb des „Simplex-Motors"[2]) von Delamare-Deboutteville und Malandin mit Vorliebe angewandte Apparat ist in Fig. 159 schematisch dargestellt und besteht aus folgenden Theilen: Einem Gaserzeuger A, einem Reiniger B, dem Gasometer und einem kleinen Ventilator.

Der aus Eisenblech hergestellte Gaserzeuger A ist innen mit einer Schicht K aus feuerfesten Steinen ausgefüttert, welche noch mit einer Sandschicht L umgeben ist, um die Wärmeausstrahlung möglichst zu verringern. Durch den Trichter MN wird die Kohle in den Generator eingefüllt und ruht auf dem Rost C. Die seitlichen Roststäbe DDE verhindern, dass die Kohlen in den Aschenkasten fallen und bilden Eintrittsöffnungen für die Luft. Durch einen Hahn W strömt ein feiner Wasserstrahl in den hohlen, obersten seitlichen Roststab E, wo das Wasser erwärmt wird und hierauf in den Aschenkasten tropft. Hier wird dasselbe durch die strahlende Wärme des Rostes theilweise verdampft, während der Ueberschuss bei J abfliesst. Der erzeugte Wasserdampf wird durch die vom Ventilator angesaugte und durch das Rohr H in den Aschenkasten einströmende Luft mit fortgerissen und in den Generator geschafft, wo die Zersetzung des Wasserdampfes vor sich geht und folgende Produkte in dem nachfolgend angegebenen Verhältniss entstehen.

[1]) Pariser Gaspreis im Jahre 1890.

[2]) Siehe Seite 155.

Wasserstoff (H)		20,00 %	45 %
Kohlenoxyd (CO)		21,00 „	
Kohlenwasserstoffe	(C_2H)	3,50 „	
	(C_4H_4)	0,50 „	
Sauerstoff (O)		0,50 „	55 %
Kohlensäure (CO_2)		5,00 „	
Stickstoff (N)		49,50 „	
		100,00	

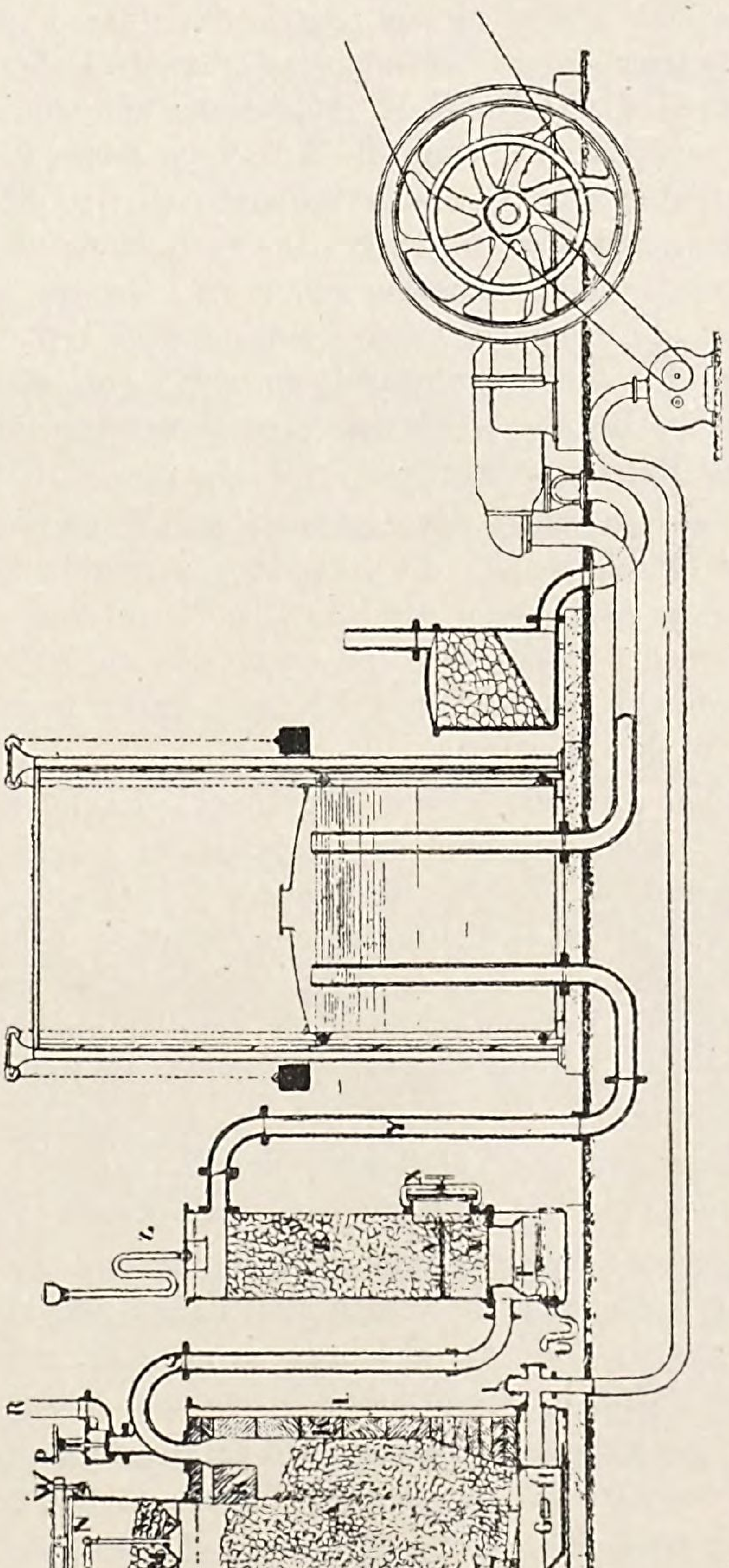


Fig. 159.

Die vorstehende Analyse bezieht sich auf ein aus Anthrazit von Pays de Galles erzeugtes Gas. Sein Heizwerth beträgt ca. 1500 WE.

Aus dem Gasgenerator gelangt das Gas zunächst durch das Rohr S in den Waschapparat B, wobei es die hydraulische Dichtung T passirt, welche das Zurücktreten des Gases in den Generator verhindern soll. Durch eine auf den Kasten VV ruhende Koksschicht B strömt dasselbe in den oberen Theil des Waschapparats, wobei es von Staub gereinigt wird und durch einen aus dem Wasserbehälter Z auf den Koks niederfliessenden Wasserstrahl abgekühlt wird. Das Gas strömt hierauf durch das Rohr J zum Gasometer, während das Kühlwasser durch das doppeltgekrümmte Ueberlaufrohr U ins Freie gelangt. Durch die Oeffnung X, welche für gewöhnlich durch einen Deckel gasdicht verschlossen ist, kann die Koksfüllung erneuert werden. Im Luftrohr vom Ventilator zum Generator befindet sich eine Klappe I, welche durch einen Drahtzug mit dem Gasometer in Verbindung steht und durch letzteren geöffnet wird, sobald derselbe gefüllt ist, also in seiner höchsten Lage steht, sodass die vom Ventilator eingeblasene Luft nicht in den Generator, sondern ins Freie zurückgeblasen wird, also kein Gas erzeugt wird. In Folge dieser Regulirvorrichtung erzeugt der Generator nur genau so viel Gas, als die Maschine verbraucht.

Die Füllung des Generators mit Anthrazit wird je nach der Grösse des Apparats und der Maschine alle 4—6 Stunden bewerkstelligt, indem der Deckel N des Trichters nach Lösen der Schraube W entfernt, der Fülltrichter gefüllt, der Deckel wieder geschlossen und durch den ausbalancirten, doppelarmigen Hebel der innere konische Deckel M nach unten bewegt wird, wobei die ganze Füllung in den Generator fällt.

Alle 24 Stunden wird die Klappe F geöffnet, das Feuer geschürt und die Asche entfernt. Beim Stillstand der Maschine wird auch der Generator stillgesetzt. Um jedoch die Kohlen für längere Zeit (1—2 Tage) glimmend zu erhalten, wird das in die Gasleitung S eingeschaltete Ventil P etwas geöffnet, wodurch ein schwacher Zug entsteht, welcher eine zur Unterhaltung des Glimmens genügende Luftmenge aus dem Ventilator oder durch ein besonderes Ventil der Druckleitung ansaugt und durch das Rohr R wieder austreten lässt. Beim Wiederanlassen des Generators und der Maschine genügen dann wenige Umdrehungen des Ventilators, um den Generator wieder vollständig betriebsfertig zu machen, d. h. die Kohlenschicht zur Gluth zu bringen.

Der vorbeschriebene Apparat kann auch anstatt mit Anthrazit mit gewöhnlicher magerer Kohle gespeist werden und liefert auch in diesem Falle ein recht brauchbares Gas, wie die Erfahrungen mit Kohlen der Gruben von Vicoigne-Noeux und Anzin in Nordfrankreich bewiesen haben.

Nach Angabe der Erbauerin beträgt der garantirte Anthrazitverbrauch für eine Maschine von 100 PS. nur 0,65 kg für ein Stundenpferd.

Nach weiteren Mittheilungen der Erbauerin sind seit dem 1. Juli 1892 22 Gasmotoren mit zusammen 1100 PS., welche mit dem, nach dem erwähn-

ten System erzeugten Generatorgas betrieben wurden, in Frankreich aufgestellt, darunter 4 Maschinen von 20 PS., 7 von 30—40 PS., 5 von 50—60 PS., 3 hundertpferdige und 1 zweihundertpferdige Maschine.

Der neuesten Publikation über das Wassergas und seine Verwendung von Dr. H. Strache[1]) sind die folgenden Angaben entnommen.

Die Zusammensetzung des Wassergases, welches nach den neuesten Methoden bei möglichst hohen Zersetzungstemperaturen gewonnen wird, ist folgende:

H_2	50 Vol. %	90 %, brennbar
CO	40 „ „	
CH_4	Spuren	
CO_2	4 Vol. %	10 % nicht brennbar.
N_2	5 „ „	
O_2	1 „ „	

Die aus 1 kg Kohlenstoff erhaltene Gasmenge beträgt 1 cbm Wassergas und 4 cbm Generatorgas, wobei Koks mit 15 % Aschengehalt angewandt wird und pro 1 cbm Wassergas 0,4 kg Wasserdampf verbraucht werden. Der Heizwerth des Gases pro 1 cbm beträgt 2500 WE. (ohne Kondensation) und bestehen die erhaltenen Verbrennungsprodukte aus

66 Vol. % N_2
16 „ „ CO_2
18 „ „ H_2O-Dampf.

Das vorstehend erwähnte Gas hat eine Entzündungstemperatur von ungefähr 600—700° C. und bedarf zu seiner Verbrennung theoretisch das 2¼fache Luftvolumen.

Für die hier ausschliesslich in Frage kommende Verwendbarkeit für motorischen Betrieb ist zu bemerken, dass allerdings eine bedeutend grössere Gasmenge für jede Ladung erforderlich ist, als bei Verwendung von gewöhnlichem Leuchtgas. Wie die Erfahrung gezeigt hat, liegt das Maximum der Explosivkraft bei einer Mischung von 31 Vol. % Wassergas und 69 Vol. % Luft (1 : 2,226), während dies günstigste Verhältniss bei Steinkohlenleuchtgas 18 % Gas auf 82 % Luft (1 : 4,556) beträgt. Die Gaszufuhr muss daher bei Anwendung von Wassergas im Verhältniss 31 : 18 als um das 1,722fache vermehrt werden.

Da nun der Gasverbrauch für gewöhnliche Leuchtgasmotoren 0,6 bis 1,0 cbm für ein Stundenpferd beträgt, so wird er für Wassergasbetrieb zu 1,03—1,722 cbm anzunehmen sein. In Wirklichkeit beträgt derselbe jedoch meistens noch 1,2—2,0 cbm, was wohl seinen Grund in den noch nicht in gleicher Weise wie die Gasmotoren vervollkommneten Wassergasmotoren

[1]) Dr. H. Strache, Das Wassergas, seine Herstellung und Verwendbarkeit. Chem. Techn. Korrespondenzblatt, Wien, Bd. I, Nr. 1—7 (April bis Juli 1894).

selbst hat. Trotzdem stellen sich die Betriebskosten für Wassergas heute bereits billiger wie für Steinkohlenleuchtgas, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Betrieb mit	Selbstkosten pro cbm		Verkaufspreis pro cbm		Gasverbrauchskosten für 1 St. PS.				
					Gasmenge	Selbstkosten		Verkaufspreis	
	kr.	Pfg.	kr.	Pfg.	cbm	kr.	Pfg.	kr.	Pfg.
Wassergas	1,5	2,55	3—4	5,1-6,8	1,2—2,0	1,8—3	3,06—5,1	3,6—8	6,12—13,6
Steinkohlengas	6,0	10,2	9,5	16,15	0,6 1,0	3,6—6	6,12—10,2	5,7—9,5	9,7—16,15

Die Möglichkeit der raschen Inbetriebsetzung eines Wassergasgenerators kommt den Wassergas-Kraftanlagen sehr zu statten. Da der kalte Generator nur 1½ Stunden Warmblasens benöthigt, um Gas liefern zu können, so kann nach dieser Zeit schon das Maximum der Leistungsfähigkeit zur Geltung kommen. Ist aber der Generator bereits warm, so genügt ¼ Stunde, um seine höchste Leistungsfähigkeit disponibel zu machen. Danach hat man zwei Fälle zu unterscheiden: entweder der Kraftbedarf ist ein stark variirender oder er variirt nur mässig. Will man in beiden Fällen jeden Moment die totale Leistungsfähigkeit zur Verfügung haben, so ist im ersteren Falle ein Gasbehälter vom Fassungsraum der 1½fachen Stundenproduktion erforderlich, damit man während des Stillstandes des Motors den Generator kalt stehen lassen kann, um keine Verschwendung an Brennmaterial zu treiben; im letzteren Falle dagegen wird man den Generator auch während des kürzeren Stillstandes des Motors durch einen ganz geringen Luftzug warm erhalten und genügt dann ein Behälterraum von ¼ der Stundenproduktion.

In beiden Fällen stellt ein Wassergasgenerator in Verbindung mit dem entsprechenden Behälter einen Kraftspeicher von enormer Kapacität dar. So z. B. vermag ein Generator von 80 cbm stündlicher Produktion mit einem Behälter von 120 cbm resp. 20 cbm Fassungsraum[1]) jeden Moment eine Kraftleistung von 50 HP. zu erzeugen, ein solcher von 1000 cbm Produktion mit einem Behälter von 1500 resp. 250 cbm 833 HP.

Dagegen müsste eine Steinkohlengas-Anstalt für eine Leistung von 833 HP. stündlich 500 cbm liefern und daher 62 Retorten in 7—8 Retortenöfen in Betrieb haben; hiezu wäre ein Arbeitspersonal von ca. 20 Mann erforderlich, während für den 1000 cbm Wassergasgenerator 2—3 Mann genügen. Dieser Vortheil ist besonders bei den heutigen Arbeiter-Verhältnissen nicht zu unterschätzen.

Beschaffung der Koks in grösseren Betrieben.

Sollte die Benützung des Wassergases eine weit verbreitete Anwendung finden, so wäre eine Steigerung der Kokspreise vorauszusehen. In diesem

[1]) Ein Behälterraum vom vierten Theil der Stundenproduktion würde theoretisch genügen; praktisch wird man stets einen grösseren Behälter wählen, um eine höhere Betriebssicherheit zu erzielen.

Falle müssten die Wassergasanstalten die Verkokung der Steinkohle selbst vornehmen. Die Beheizung der Koksöfen wäre dann mittelst des Generatorgases durchzuführen.

1000 kg Steinkohle liefern dabei 60 kg Koks und benöthigen den Heizeffekt von 20 kg Koks, das sind 20 × 7000 = 140000 Cal. Da 1 cbm Generatorgas 1000 Cal. zu liefern vermag, so sind zur Beheizung der Koksöfen per je 100 kg Steinkohle 140 cbm Generatorgas erforderlich. Aus den gewonnenen 60 kg Koks werden aber neben 50 cbm Wassergas 200 cbm Generatorgas gewonnen, so dass noch ein verwerthbarer Rest von 60 cbm Generatorgas verbleibt. Gleichzeitig werden dabei 28 cbm Steinkohlengas, 5 kg Steinkohlentheer und 0,5 kg Ammoniak gewonnen. Das Steinkohlengas würde bei der zur Verwendung kommenden minderen Kohlensorte etwa 1,5 Vol. % Benzoldampf enthalten, das sind 52 g Benzol per cbm. Diese könnten dann — wie es bei allen modern eingerichteten Kokereien der Fall ist — dem Leuchtgase entzogen und gewonnen werden. Das entleuchtete (benzolfreie) Gas wäre dann dem Wassergas zuzusetzen und dadurch sowohl seine Menge als auch seine Qualität in Bezug auf Heizwerth vermehrt. Der glühende Koks wäre direkt dem Wassergenerator zuzuführen und somit auch noch eine Wärmeersparniss erzielt. Durch diesen Vorgang würden gewonnen: aus 100 kg Steinkohle:

60 cbm Generatorgas mit 60000 Cal. Heizwerth,
5 kg Steinkohlentheer,
0,5 kg Ammoniakwasser,
1,4 kg Benzol,
78 cbm eines Gases von folgender Zusammensetzung:

H_2	50,0	Vol. %
CO	27,6	„
CH_4	15,0	„
CO_2	3,3	„
N_2	2,9	„
Cn Hm	0,6	„
O_2	0,6	„

Der Heizwerth dieses Gases betrüge pro 1 cbm 3450 Cal.

Allgemeine Betrachtungen über die mit minderwerthigen Gasen betriebenen Maschinen.

Das Prinzip dieser Maschinen ist dasselbe wie dasjenige der mit Leuchtgas betriebenen Maschinen. Indessen kann eine Maschine der letzteren Art mit minderwerthigem Gas erst dann betrieben werden, nachdem verschiedene Veränderungen vorgenommen sind, welche um so wesentlicher sind, je grösser der Unterschied zwischen den zum Betriebe verwandten Gasen ist. Vorstehende Bemerkung bezieht sich namentlich auf das am meisten angewandte Dowsongas, indessen mehr oder weniger auch auf alle mit minderwerthigen Gasen betriebenen Maschinen. Der Dowson-Apparat wird im Allgemeinen nur für

Maschinen über 4 PS. angewandt. Bei Maschinen von 20 PS. an sind die Betriebskosten denen einer Dampfmaschine von gleicher Leistung vollkommen gleich und ist ausserdem der Vortheil vorhanden, dass der Dampfkessel durch einen einfachen, wenig Raum erfordernden Apparat ersetzt ist, welcher während 10 oder 12 Stunden gleichmässig arbeitet, ohne eine besondere Bedienung zu erfordern. Das Dowsongas hat den grossen Vortheil, ohne irgend welchen Rauch zu verbrennen und in Folge dessen die Maschinen nicht zu beschmutzen. Da es jedoch ungefähr 50 % Stickstoff enthält, so ist einzusehen, dass sein Heizeffekt nur ungefähr $^1/_5$ bis $^1/_4$ des Heizeffekts des Steinkohlenleuchtgases beträgt. Um daher eine gleichgrosse Arbeit zu leisten, müsste eine Maschine 4 bis 5 mal so viel Dowsongas als Steinkohlengas ansaugen. Da indessen das Wassergas nur ungefähr das 1 bis $1^1/_2$ fache Luftvolumen zu seiner Verbrennung erfordert, so ergiebt sich, dass zwei Maschinen, welche ungefähr gleiche Cylinder haben und mit Leuchtgas bezw. mit Dowsongas betrieben werden, ungefähr die gleiche Leistung ergeben. Um einen geringen Betrag ist jedoch die Leistung der mit Dowsongas betriebenen Maschinen geringer als diejenige der mit Leuchtgas betriebenen Maschinen und zwar aus folgendem Grunde. Da die Mischungsverhältnisse von Luft und Gas bei Anwendung von Leuchtgas und Dowsongas verschieden sind, so wird der erste Unterschied zwischen den beiden Maschinen, welche durch die verschiedenen Gase betrieben werden, in den grossen Einströmungsöffnungen bestehen, indem das Luftsaugrohr bei dem Dowsonmotor bedeutend kleiner, das Gasrohr dagegen wesentlich grösser als bei einer mit Leuchtgas betriebenen Maschine sein mus. Bei Maschinen über 10 PS. ist man im Allgemeinen genöthigt, zwei Gummibeutel anzuwenden. Damit die Zündung nicht versagt und die Maschine überhaupt richtig arbeitet, müssen bei einer mit Dowsongas betriebenen Maschine die Verbrennungsprodukte vollständig ausgetrieben und die Kompression wesentlich vergrössert werden.

Die Otto'sche Maschine eignet sich daher in Folge seiner grossen Verdünnung ohne Abänderung wohl kaum für den Betrieb durch Dowsongas. Otto hatte daher auch im Jahre 1881 selbst die Anwendung eines Hilfskolbens vorgeschlagen, welcher die Verbrennungsprodukte vollständig austreiben und die Kompression etwas erhöhen sollte. Bei einer seiner Ausführungen bewegte sich der Kolben A (Fig. 160) in der Verdichtungskammer B und diente seine innere Fläche als Cylinderboden. Dieser Kolben wurde durch eine starke Feder in seiner Lage gehalten, sodass er während des Aussaugens die in Fig. 160 dargestellte Lage annahm, während die Feder bei der Kompression nachgab und zwischen den beiden Kolben einen gewissen Zwischenraum liess, welcher als Verdichtungsraum und Kompressionskammer diente. Während der Expansion wurde die Feder noch weiter zusammengedrückt, während der Kolben beim Auspuff in seine Anfangslage zurückkehrte und dadurch die Verbrennungsprodukte mit austreiben half. Bei einer anderen Ausführung befand sich dieser Kolben in einem kleinen, rechtwinklig zum Arbeitscylinder stehenden Cylinder und war die Feder durch einen von der Schwungradwelle

der Maschine angetriebenen Mechanismus ersetzt. Auch hatte man versucht den Arbeitskolben selbst als Hilfskolben zu benutzen, zu welchem Zwecke die Kolbenstange im Kreuzkopf frei beweglich und eine starke Feder zwischen dem Kolben und dem letzteren eingeschaltet war. Alle diese Vorkehrungen, obwohl sie verhältnissmässig einfach und sinnreich waren, sind wieder verlassen worden, und ist bei allen Maschinen der Verdichtungsraum beibehalten worden. Nur ist sein Volumen, damit die Kompression vergrössert werden kann, durch ein am Kolben befestigtes Füllstück verringert worden, und werden die Verbrennungsprodukte vermittelst eines geringen Voreilens der Einströmung vollständig ausgetrieben. Diese Hilfsmittel sind einfach und billig und geben ausgezeichnete Erfolge. Der Gang der mit Dowsongas betriebenen Maschinen ist sehr gleichmässig und ihre Unterhaltung sehr leicht. Eine 20 PS. Otto'scher Motor nach der Ausführung der französischen Gesellschaft, sowie ein 100 PS. Simplex-Motor wurden, wie bereits oben erwähnt ist, auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 mit Dowsongas betrieben und arbeiteten sehr zufriedenstellend. Ueber den Gasverbrauch der mit Dowsongas arbeitenden Maschinen geben die folgenden Versuche einigen Aufschluss.

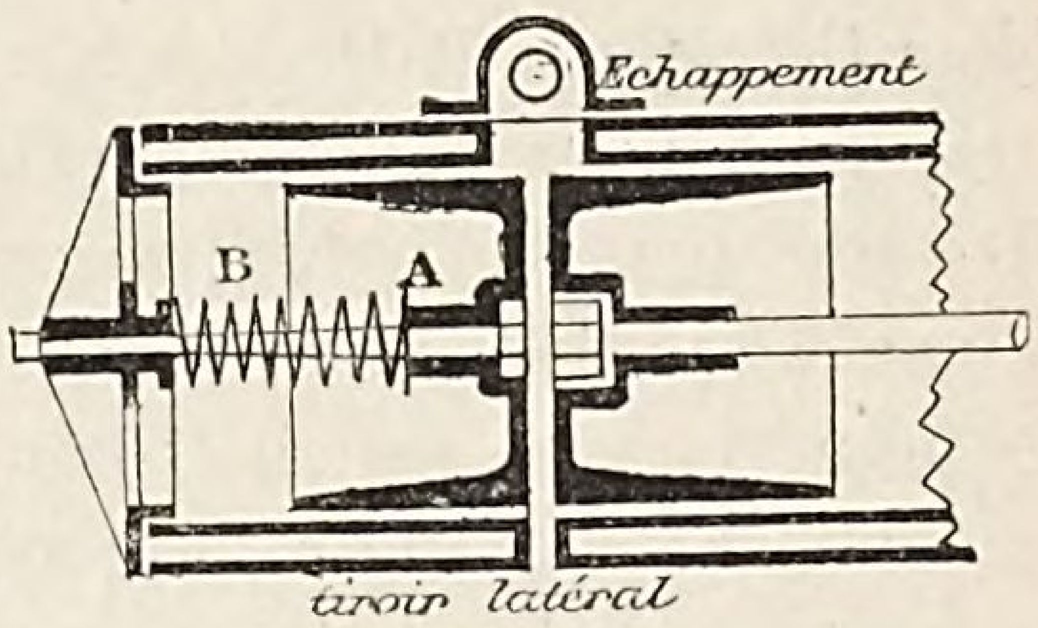


Fig. 160.

Eine Clerk'sche Maschine verbrauchte bei einem von dem Erfinder selbst angestellten Versuch 650 g Anthrazit für ein Stundenpferd. Bei Versuchen, welche Crossley an einem von ihm erbauten 30pferdigen Otto'schen Motor anstellte, verbrauchte der letztere die gleiche Menge Anthrazit wie der vorhin erwähnte Motor. Auf Grund dieser Versuche wurden die Crossley'schen Maschinen, welche für eine Leistung von über 150 PS. bestimmt sind, für Dowsongas eingerichtet. Zum Anlassen der Maschinen genügten ungefähr 45 Minuten. Ein ungefähr 40pferdiger, eincylindriger Crossley'scher, mit Dowsongas betriebener und in der Papierfabrik von Spicer & Son in Godalrung aufgestellter Motor soll einen Anthrazitverbrauch von nur 460 g für ein Stundenpferd ergeben haben. Eine zweite, doppelt so starke, zweicylindrige, von derselben Firma an dieselbe Fabrik gelieferte Maschine ergab dieselben Resultate. Schliesslich seien die Versuchsergebnisse erwähnt, welche Witz im November 1885 mit einem Simplex-Motor von 200 mm Durchmesser, 400 mm Hub und einer normalen Umdrehungszahl von 160 Touren erzielte.

Effektive Leistung	7,22 PS.
Minutliche Tourenzahl	164
Mittlerer Dowsongasverbrauch für ein effektives Stundenpferd .	2520 l
(Ungefähr 505 g Anthrazit für ein Stundenpferd.)	
Kühlwasserverbrauch für ein effektives Stundenpferd	26 l
Temperatur des abfliessenden Kühlwassers	62° C
Temperatur der Abgase	400° C.
Mittlerer Ueberdruck	3,54 kg

Die Maschine befand sich bei diesem Versuch in normalem Betrieb.

Vergleicht man die vorstehend mitgetheilten Resultate mit denjenigen, welche mit derselben Maschine beim Betriebe durch Leuchtgas erzielt wurden und welche in einer von der Firma herausgegebenen Beschreibung des Simplex-Motors enthalten sind, so ergiebt sich, dass die Tourenzahl in beiden Fällen die gleiche, der mittlere Ueberdruck und die effektive Leistung bei dem Betriebe mit Dowsongas etwas geringer war. Der Kühlwasserverbrauch war in beiden Fällen ungefähr derselbe, denn wenn bei dem Betriebe mit Dowsongas mehr Kühlwasser verbraucht wurde, so floss dasselbe dafür mit einer wesentlich niedrigeren Temperatur ab. Die Maschine verbrauchte ungefähr viermal soviel Dowsongas als Leuchtgas. Um den Betrieb zu ermöglichen, war die Kompression von 4,4 auf 6,8 kg/qcm, also um die Hälfte erhöht, wobei der Explosionsdruck auf ungefähr 22 kg/qcm stieg. Die Expansion war allerdings weniger vollständig, die Gleichmässigkeit des Ganges jedoch sehr gross. Diese wenige Betriebsresultate zeigen, dass die mit Dowsongas betriebenen Motoren sehr zufriedenstellend arbeiten, und dass der Gaserzeuger selbst leicht zu behandeln ist. Bezüglich der Betriebskosten für ein Stundenpferd kann man annehmen, dass für Maschinen zwischen 20 und 100 PS. der Anthrazitverbrauch nicht wesentlich mehr als ungefähr 650 g für 1 eff. St. PS. beträgt, während gute Kondensations-Dampfmaschinen von derselben Grösse 800—1000 g gute Steinkohle für die gleiche Leistung verbrauchen.

Siebentes Kapitel.

Benzin- und Petroleum-Motoren.

Die Anwendung flüssiger Brennstoffe zum Betriebe der Gasmotoren.

Wie bereits erwähnt, finden an Orten, wo kein Leuchtgas existirt, verschiedene, mit Hülfe besonderer Apparate im Kleinen erzeugte, brennbare Gase Anwendung. Da sich die Anwendung dieser Apparate jedoch erst bei Maschinen über 4 PS. rentirt, so hat man für kleinere Motoren, wie sie im Kleingewerbe vielfach Anwendung finden, zu anderen Hülfsmitteln gegriffen. Das brennbare Gas, welches man bei diesen Maschinen anwendet, ist eine Mischung gewöhnlicher atmosphärischer Luft mit karburirter Luft, welche im Wesentlichen dieselben Eigenschaften wie die Mischung mit Leuchtgas oder Generatorgas besitzt. Die Methoden zur Karburirung der Luft zerfallen, entsprechend der Natur des angewandten flüssigen Brennstoffes, in zwei Hauptklassen:

1. Karburirung der Luft mit Benzin-Dämpfen;
2. Karburirung der Luft mit gewöhnlichem Lampenpetroleum.

Die erste Methode besteht in der Sättigung der Luft mit den flüchtigen Kohlenwasserstoffen des Benzins, welche sowohl im kalten als auch im warmen Zustand stattfinden kann.

Im ersteren Falle streicht ein Luftstrom durch eine Benzinschicht von geringem specifischem Gewicht (0,65—0,70). Die Lösung dieser Aufgabe ist indessen weniger einfach, als es auf den ersten Blick erscheinen mag. Die Benzindämpfe sind aus verschiedenen Gasen von verschiedenem specifischem Gewicht zusammengesetzt. Streicht daher ein Luftstrom durch eine dicke Schicht der in Ruhe befindlichen Flüssigkeit, so wird er zunächst die flüchtigsten Bestandtheile mitnehmen und daher eine sehr gasreiche Mischung liefern. Da hierbei das specifische Gewicht der Flüssigkeit zunimmt, so wird die Verflüchtigung nach und nach schwieriger und die Mischung allmählich ärmer an flüchtigen Bestandtheilen, bis schliesslich die Gasabgabe an die Luft

nahezu aufhört, die Mischung also sehr gasarm wird und im Karburir-Apparat ein Rückstand verbleibt, welcher nicht mehr zu brauchen ist und fortgeschüttet werden muss.

Andererseits bewirkt die Verdampfung des Benzins eine Abkühlung, welche der Verdunstung hinderlich ist. Die organischen und mineralischen Bestandtheile, welche in den flüssigen Brennstoffen enthalten sind, werden von den Gasen mitgerissen und verbrennen im Cylinder zu einer dicken Schmiere, welche sowohl auf den Kolben als auch auf die Abschlussorgane schädlich einwirkt.

Man kann mithin behaupten, dass eine Mischung, welche durch einen, durch den flüssigen Brennstoff geführten Luftstrom erzeugt wird, weder gleichförmig ist noch dauernd eine gleichartige Zusammensetzung behält und daher für den Betrieb von Gasmaschinen schlecht geeignet ist.

Die Reinheit des Gemisches hängt vor allem von der Beschaffenheit der Kohlenwasserstoffe ab, und kann man durch einen Ueberschuss von flüssigem Brennstoff die Bildung einer dicken Schmiere verhindern, vorausgesetzt, dass sich nicht zu viel Schmiere absetzt. Bei manchen Systemen werden die schädlichen Bestandtheile des Benzins durch Einleiten von kaltem oder warmem Wasser in das Benzin entfernt. Um die Sättigung der Luft mit flüchtigen Gasen zu erleichtern, wird die bei der Verdunstung entstehende Abkühlung der Brennflüssigkeit entweder durch Cirkulation von warmem Wasser, welches häufig dem Cylindermantel entnommen wird, oder durch Erwärmung vermittelst der Abgase der Maschine, oder durch Luft, welche an einer brennenden Flamme erwärmt wird oder endlich durch die Nachbarschaft des Motors allein verhindert.

Um den Gasreichthum des Gemisches möglichst konstant zu halten, giebt man sowohl der zu karburirenden Luft als auch der Mischung möglichst konstanten Druck, und sucht das specifische Gewicht der Flüssigkeit möglichst unverändert zu halten. Um letzteres zu erreichen, wird eine möglichst gleichmässige und verhältnissmässig kleine Flüssigkeitsmenge auf eine möglichst grosse Verdampfungsoberfläche gebracht, welch letztere meistens beweglich ist.

Die zur Erreichung dieses Zweckes angewandten Methoden sind je nach den einzelnen Systemen der Maschinen verschieden, und sollen einige derselben weiter unten näher beschrieben werden.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn die Sättigung der Luft durch Erwärmung der Flüssigkeit erfolgt, in welchem Falle stets gleichgrosse Mengen derselben verdampft werden, die Dämpfe hierauf durch einen, von Luft betriebenen Strahlapparat angesaugt werden und sich dabei viel inniger als im ersteren Falle mit einer bestimmten Menge der letzteren mischen. Die Vorgänge bei dieser Methode der Karburirung sind demnach wesentlich andere als bei der früher besprochenen und zeigen weit geringere Uebelstände als diese.

Die zur Karburirung der Luft mit Benzindämpfen dienenden Karburir-Apparate werden neben der Maschine aufgestellt, erzeugen die karburirte

Mischung an Ort und Stelle und spielen daher die Rolle der Gasanstalt bei Gasmaschinen.

Am häufigsten werden dieselben mit einem sehr flüchtigen Gasolin von einem specifischen Gewicht von 0,65 gespeist, und ist ihre Konstruktion im Allgemeinen sehr einfach.

Das Gasolin ist jedoch sehr leicht entzündlich, giebt eine wenig homogene Mischung und ist nicht überall käuflich. Dagegen ist Benzin von einem specifischen Gewicht von 0,7 überall leicht zu haben, weniger feuergefährlich und weniger flüchtig als Gasolin. Meistens benutzt man bei ihm die Wärme der Abgase zur Verdampfung, wodurch der Einfluss der äusseren Luft-Temperatur auf die Zusammensetzung des Gemisches beseitigt wird.

Die ohne Erwärmung arbeitenden Karburirapparate zerfallen in zwei Klassen, je nachdem die Luft durch die Flüssigkeit gesaugt oder gedrückt wird.

Namentlich die saugenden Apparate sind für Motorenbetrieb besonders geeignet. Sie bestehen aus einem Behälter, welcher die täglich erforderliche Brennflüssigkeit enthält, und dem eigentlichen Karburirapparat, in welchem sich eine bestimmte Flüssigkeitsschicht befindet, durch welche die Luft im Moment der Ladung in den Cylinder gelangt. Wie sofort zu ersehen ist, eignen sich diese Apparate nicht zur Erzeugung brennbarer Gemische für Beleuchtungszwecke, sondern nur für den Betrieb von Gasmaschinen. Da jeder Motor einen besonderen, eigenartig konstruirten Karburirapparat besitzt, so soll eine Beschreibung dieser Apparate gelegentlich der Beschreibung der einzelnen Motoren gegeben werden.

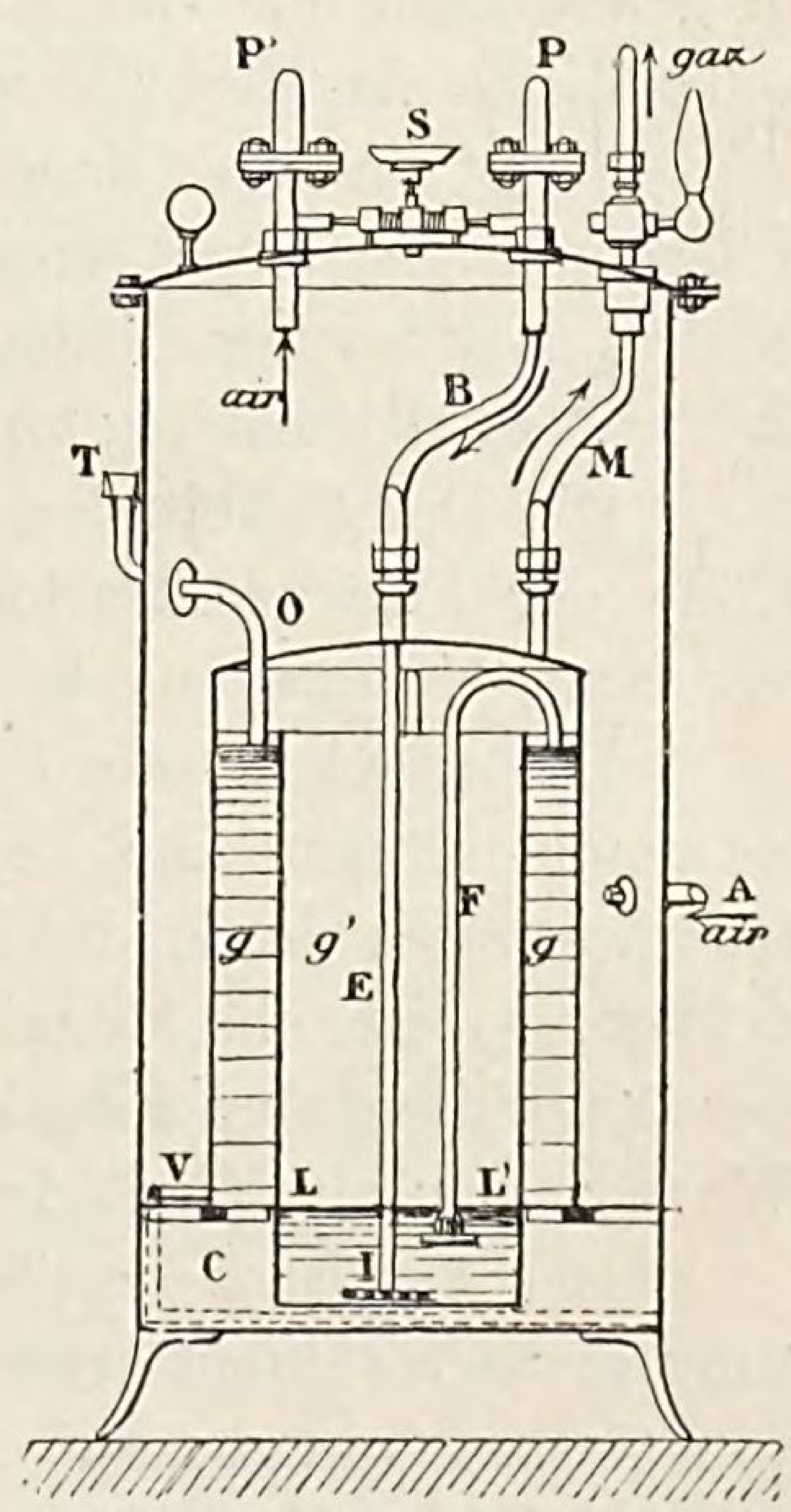


Fig. 161.

Eine zweite Klasse von Karburirapparaten dient hauptsächlich Beleuchtungszwecken. Dieselben sind zwar viel komplizirter, geben jedoch Gemische von grösserer Gleichförmigkeit und stets gleichem Druck. Auch sie sind daher für motorischen Betrieb geeignet und zwar um so mehr, mit je höherem Druck sie den Apparat verlassen. Dieser Ueberdruck ist für Beleuchtungszwecke unvermeidlich. Je höher derselbe ist, um so länger können die Rohrleitungen zu den einzelnen Brennstellen sein. Unter den ohne Erwärmung und mit Ueberdruck arbeitenden Apparaten sind hauptsächlich diejenigen von Lothammer und Monnier zu nennen.

Bei dem ersteren wird die Luft durch eine vom Gasmotor betriebene Luftpumpe verdichtet und gelangt zunächst durch das Rohr A, Fig. 161, in einen metallenen Behälter C, in welchem durch das Regulirventil S stets konstanter Druck erhalten wird. Das Gefäss g dient zur Aufnahme der Karburirflüssigkeit, in welches dieselbe durch den Trichter T und das Rohr O eingefüllt

wird, während ein ausserhalb des Behälters C befindliches Wasserstandsrohr den Stand der Flüssigkeit erkennen lässt. In dem inneren Gefäss g′ findet die Karburirung der Luft und das Ansammeln der Gase statt. Ersteres geschieht in der Weise, dass die Luft durch die Flüssigkeitsschicht LL′ von konstanter Höhe und Dichtigkeit strömt, indem sie aus dem Behälter C zunächst in das Rohr P′ gelangt, in demselben ein Ventil hebt, hierauf einen Hahn passirt, sodann durch ein zweites Ventil und das Rohr PBE nach dem, am Boden des Gefässes g′ befindlichen, aus 12 horizontalen, strahlenförmig von der Mitte auslaufenden Rohren bestehenden Austrittsrohr J strömt. Ein Rohr V, welches mit einem Hahn und einem Reinigungspfropfen versehen ist, leitet die Karburirflüssigkeit aus dem Gefäss g nach dem inneren Gefäss g′. Durch das Rohr F, welches das obere Ende des Gefässes g mit der in g′ befindlichen Flüssigkeitsmenge verbindet und heberartig wirkt, wird das Niveau LL′ stets nahezu konstant erhalten. Sinkt dasselbe nämlich um einen geringen Betrag, so übt das durch das Rohr F oberhalb des Flüssigkeitsspiegels in g ausströmende Gas einen Druck auf die Flüssigkeit aus und treibt dieselbe durch das Rohr V wieder in den Raum g′, hebt also das Niveau LL′.

Steigt letzteres dagegen zu hoch, so entsteht oberhalb des Flüssigkeitsspiegels g eine Druckverminderung, in Folge deren der Gasdruck in g′ das Niveau LL′ wieder niederdrückt, indem ein Theil der Flüssigkeit durch das Rohr F wieder nach g zurückgeschafft wird.

Die Dichtigkeit der Karburirflüssigkeit wird sowohl durch die geringe Höhe der Flüssigkeitsschicht, als auch durch die fortwährend von der Luft verursachte Bewegung konstant erhalten.

Das durch diesen Apparat erzeugte Gas ist von genügend gleichmässiger Zusammensetzung und auch sein Druck fortwährend derselbe. Da der Austritt des Gases durch das am oberen Ende des Behälters g′ angebrachte Rohr M erfolgt, so ist ein Mitreissen von Flüssigkeit unmöglich. Zur Vermeidung der Abkühlung der Flüssigkeit in Folge der Verdunstung cirkulirt warmes Wasser oder ein Theil der Abgase in der unteren Kammer C.

Der Lothammer'sche Apparat ist zunächst zum Zwecke der Beleuchtung grosser Räume erfunden worden, giebt jedoch auch eine zum Betriebe von Gasmaschinen recht geeignete Mischung.

Bei dem Karburirapparat von Meunier wird die Luft auf eine höchst eigenthümliche Weise durch die Flüssigkeit getrieben.

Ein Stahlapparat, welcher durch Dampf aus einem kleinen Dampfkessel, dessen Heizung durch die karburirte Luft selbst erfolgt, betrieben wird, saugt die zur Erzeugung des Gemisches nöthige Luft an. Das vom Injektor kommende Rohr ist an einer Stelle von einem Kühlgefäss umgeben, wodurch an dieser Stelle eine Kondensation des Dampfes erfolgt und die Luft allein vermöge ihrer lebendigen Kraft durch eine am Boden des Karburirapparats befindliche Flüssigkeitsschicht strömt.

Ein Gasometer und ein Druckregulator vervollständigen den Apparat. Die Wirkungsweise des Meunier'schen Karburirapparates ist sehr einfach,

indessen bietet derselbe eine gewisse Feuers- oder Explosionsgefahr. Bei den für 10 bis 20 Flammen arbeitenden Typen wird der Dampfstrahlinjektor durch einen Wasserstrahlapparat ersetzt, dessen Druckwasser von einem erhöhten Gefäss zufliesst und die Luft ansaugt. Die übrigen Systeme der mit Druckwirkung arbeitenden Karburirapparate beruhen auf demselben Prinzip. Eine durch irgend eine mechanische Vorrichtung gedrehte Gasuhr entlässt Luft in den Karburirapparat, welcher auf verschiedene Art konstruirt ist, das so gebildete Gas sammelt sich in einem Gasometer und gelangt von hier, nachdem es einen Druckregulator passirt hat, in die Rohrleitung. Der Gasdruck in diesem Apparat ist sehr gering, da die zur Bewegung der Gasuhr dienende Kraft entweder durch ein fallendes Gewicht oder durch ein Uhrwerk geliefert wird. Im ersteren Falle wird das Gewicht alle Tage mit Hilfe eines im Apparat befindlichen Windwerks aufgezogen. Von dieser Art sind die Karburirapparate von Faignot, Dubois, Siefert, Parrot, Meneveau & Cie., Pieplu u. s. w. Bei dem Faignot'schen Apparat besteht der Karburirapparat aus einem parallelepipetischen Gefäss, welches verschiedene Querwände enthält. Im untersten Raum befindet sich eine dünne Schicht von Brennflüssigkeit, in welche eine Anzahl von Dochten eintauchen, um die Verdampfungsoberfläche zu vergrössern. Die Luft streicht durch diese Flüssigkeit und die Dochte, und wird die Oberfläche der Brennflüssigkeit mit Hilfe eines ausserhalb befindlichen Reservoirs stets auf konstanter Höhe erhalten. Der Apparat von Dubois ist stehend, und fliesst bei ihm die Brennflüssigkeit über eine Anzahl von Querwänden herunter. Bei dem Karburirapparat von Pieplu wird die Verdampfungsoberfläche der Flüssigkeit durch eine in die Brennflüssigkeit eintauchende Bürste gebildet, welche bei der Umdrehung das Gasolin in den Raum schleudert, durch welchen die Luft streicht. Der Apparat von Parrot unterscheidet sich von den vorgenannten dadurch, dass das Wasser, in welches die Gasuhr eintaucht, durch Gasolin ersetzt ist, welches mit Hilfe eines höher gelegenen Cylinders auf konstantem Niveau erhalten wird. Das Gehäuse der Gasuhr bildet hier also den Karburirapparat selbst.

Die Absicht, einen grossen Gasdruck zu erreichen, ohne zu komplizirten Mechanismen Zuflucht zu nehmen, führte zunächst zur Konstruktion von Karburirapparaten, bei welchen die Verdampfung durch Wärme bewirkt wird. Auf diesem Prinzip beruht der im Folgenden näher besprochene Apparat von Jaunez, Fig. 162. Derselbe besteht: 1. aus einem Gefäss B, über welches eine hydraulisch abgedichtete Gasglocke D gestülpt ist und in welchem sich das Gasolin befindet, dessen Höhenstand durch ein ausserhalb angebrachtes Wasserstandsglas A beobachtet werden kann, 2. aus einem linsenförmigen Kessel c, welcher in einem bestimmten Abstand unterhalb des Gefässes B angebracht ist und durch einen vom Apparat gespeisten Bunzenbrenner erhitzt wird, welcher in einer metallischen Laterne eingeschlossen ist, 3. aus einem Ventilgehäuse F, in welchem ein Sicherheitsventil, ein Strahlapparat und ein Hahn K enthalten sind, 4. aus einem Druckregulator H mit hydraulischer

Abdichtung, 5. aus einem Speisebehälter, welcher bis zu 0,65 kg Gasolin enthält und in beliebiger Entfernung vom Apparat, jedoch immer mindestens $^{1}/_{10}$ m höher als das Gefäss B, aufgestellt ist und mit dem letzteren durch die mit den beiden Hähnen R und r versehene Leitung verbunden ist, 6. aus verschiedenen, die einzelnen Theile des Apparats untereinander verbindenden Rohren.

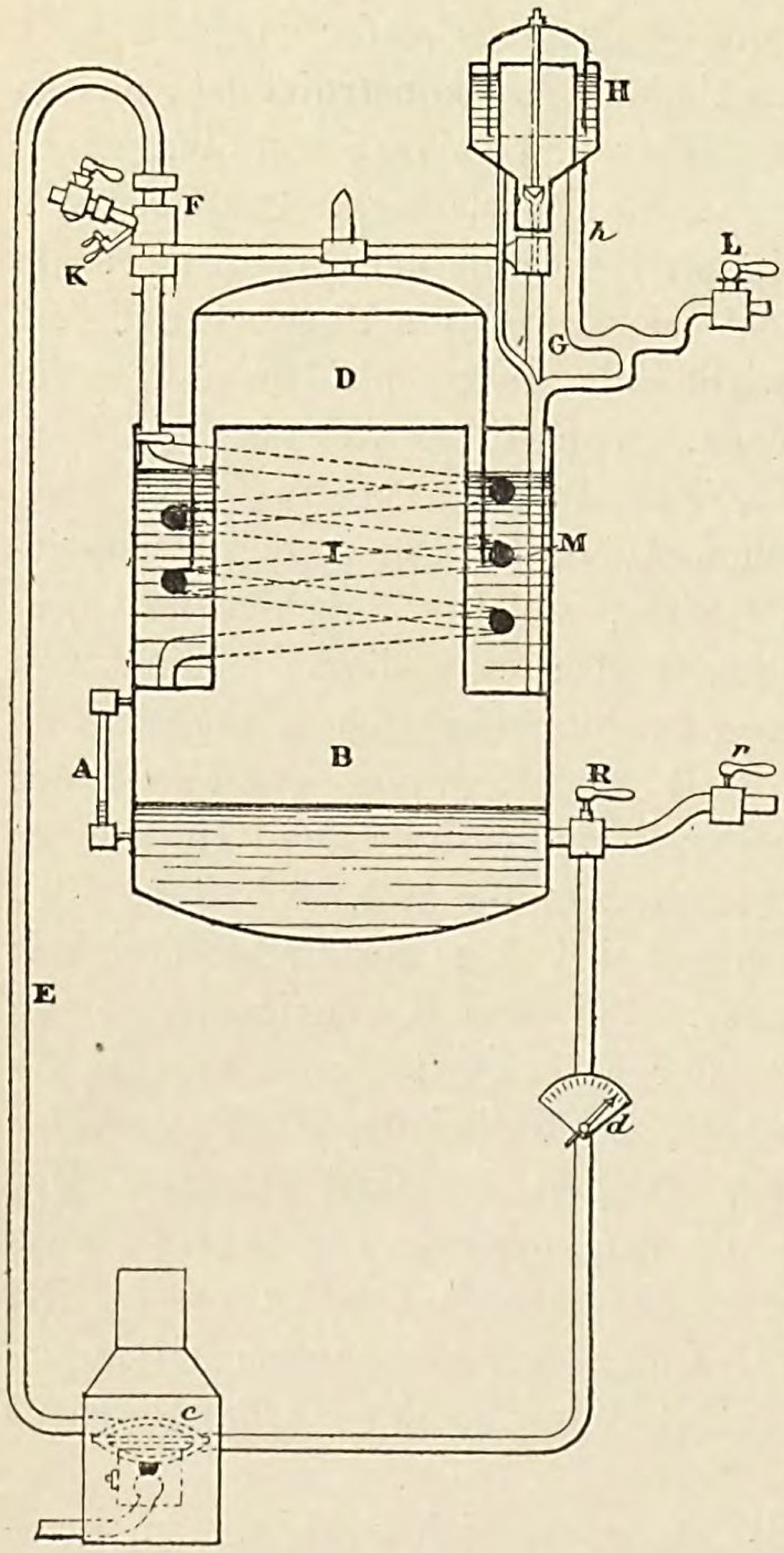


Fig. 162.

Die Wirkungsweise des Apparates ist folgende. Ist der Hahn R offen und r geschlossen, so sinkt das Gasolin durch das Rohr d und gelangt in den Kessel c in einer Menge, welche je nach Bedürfniss veränderlich und mit Hilfe des Hahns d zu reguliren ist. Im Kessel wird dasselbe verdampft, steigt hierauf durch das Rohr E in das Ventilgehäuse F und saugt durch den Strahlapparat eine bestimmte, zur Bildung eines brennbaren Gemisches ausreichende Luftmenge an. Das so erzeugte Gas gelangt in das Schlangenrohr I und sammelt sich in der Gasometerglocke D. Da das Schlangenrohr I sich in dem Wassermantel J befindet, so wird alles kondensirte Gasolin wieder in das Gefäss B zurückfliessen und das Gas abgekühlt werden. Das durch die Rohre G und M austretende Gas gelangt in den Druckregulator H und von hier in die, durch den Hahn L abgeschlossene Hauptleitung. Damit das abgehende Gas noch mehr abgekühlt wird, liegen die Rohre M und G gleichfalls in dem Wassermantel J. Das Rohr h verbindet den Druckregulator mit der Hauptleitung, und ausserdem führen einige kleinere Rohre das etwa kondensirte Gas in das Hauptgefäss B zurück. Der besprochene Apparat ist besonders für Beleuchtungszwecke bestimmt. Er ist einfach und sehr wirksam, indessen sehr gefährlich, da er leicht zu Entzündungen und Explosionen Veranlassung giebt.

Welcher von den genannten Apparaten nun auch angewandt werden mag, so müssen die Behälter, welche die Brennflüssigkeit enthalten, stets genügend gross sein und nur bei Tage und ohne dass irgend eine Flamme in der Nähe brennt, bedient werden. Die erwähnten Apparate werden im Allgemeinen nicht grösser als für 200 Flammen gebaut und schwankt ihr Preis je nach dem System. Bei den durch Gewichte betriebenen Apparaten

schwankt der Gasdruck zwischen 0,02 und 0,05 m Wassersäule, während derselbe in den Karburirapparaten von Lothammer und Jaunez sogar 0,25 m erreicht. Das Benzin ist indessen in Folge seiner grossen Entzündbarkeit, welche bereits unter 0° C beginnt, sehr gefährlich, weshalb man versucht hat, dasselbe durch gewöhnliches, zur Beleuchtung dienendes Petroleum von einem specifischen Gewicht von 0,8 zu ersetzen, welches sich erst bei 43° C. entzündet.

Die Karburirung der Luft mit gewöhnlichem Lampenpetroleum kann sowohl im kalten, als auch im warmen Zustande erfolgen; im ersteren Falle findet dasselbe dadurch statt, dass die Luft verschiedene mit Petroleum getränkte, poröse Stoffe durchstreicht, wobei das Petroleum durch einen starken Luftstrom zerstäubt wird. Diese Methode gleicht der Karburirung des Benzins in kaltem Zustande, indessen genügt, da das letztere bedeutend flüchtiger ist, bei ihm zur Karburirung ein einfacher Luftstrom, welcher das Benzin durchdringt, während bei dem Lampenpetroleum dies nicht mehr der Fall und man daher genöthigt ist, dasselbe vorher zu zerstäuben, damit es sich mit der Luft mischen kann. Man erhält demnach eine Art von Petroleumstaubregen. Der Vorgang zur Karburirung der Luft mit Lampenpetroleum im warmen Zustande ist derselbe, wie der der Karburirung durch Benzin, indem in beiden Fällen die Brennflüssigkeit in kleinen Quantitäten verdampft wird, und die erzeugten Dämpfe durch einen Strahlapparat strömen, wobei sie sich mit der angesaugten Luft innig mischen. Die mit gewöhnlichem Lampenpetroleum karburirte Luft wird fast ausschliesslich für den Betrieb von Petroleummotoren angewandt. Verschiedene hierzu dienende Apparate werden bei der Besprechung der mit gewöhnlichem Lampenpetroleum arbeitenden Motoren erläutert werden.

Die Idee, die flüssigen Brennstoffe zum Betriebe von Gasmotoren zu benutzen, ist bereits alt, indem die ersten Maschinen dieser Art bereits vor der Erfindung des Leuchtgases gebaut waren und der Erfinder derselben zu ihrem Betriebe verschiedene Gasarten vorschlug, darunter auch das aus Petroleum erzeugte Gas. Indessen kann man sagen, dass erst gegen das Jahr 1860 ernstliche Versuche mit der Anwendung des Petroleums zu motorischen Zwecken gemacht worden sind, indem man zu jener Zeit zuerst anfing, sich eingehender mit Beleuchtungsapparaten zu beschäftigen, welche durch mit Benzindämpfen karburirte Luft gespeist wurden. Lenoir dachte zuerst daran, dieses Gas zum Betriebe seines damals erfundenen Motors zu benutzen, und konstruirte zu diesem Zweck einen besonderen Karburirapparat, welcher auf der saugenden Wirkung der Luft beruhte. Nach diesem Prinzip wurde eine bestimmte Anzahl von Maschinen, sowohl für die Kleinindustrie, als auch zum Betrieb von Wagen und Booten gebaut. Indessen wurden dieselben trotz ziemlich zufriedenstellender Resultate bald wieder verlassen, da ihre Zeit noch nicht gekommen war, weil die ländliche Industrie und das Kleingewerbe noch nicht auf ihrer jetzigen Höhe standen. Während der nun folgenden 20 Jahre blieben diese Motoren fast auf derselben Stufe stehen, da ein Bedürfniss

nach ihnen sehr selten vorlag und falls ein solches auftrat, Gasmaschinen genommen wurden, welche mit karburirter Luft, die durch Karburirapparate für Beleuchtungszwecke erzeugt war, gespeist wurden. Auf diese Art und Weise wurden verschiedene Bisshop'sche Motoren an solchen Orten aufgestellt, wo kein Leuchtgas existirte. Im Jahre 1873 versuchte Hock in Wien einen mit karburirter Luft betriebenen Motor zu bauen, während etwas später in Amerika der Raidymotor von Brayton aufkam. Diese Maschine ist die erste, welche mit gewöhnlichem Lampenpetroleum betrieben wurde und in der Industrie Eingang fand. Dieselbe hatte lange Zeit einen gewissen Erfolg aufzuweisen. Erst gegen das Jahr 1883 wurden von Neuem ernstliche Versuche angestellt, die mit karburirter Luft betriebenen Motoren einzuführen, welche diesmal zu endgültigen Resultaten führten. Um jene Zeit beschäftigte sich Lenoir mit einem neuen Kompressionsmotor, wobei er seine alten Versuche, denselben durch Benzingas zu betreiben, wieder aufnahm, und im Jahre 1884 erschien der erste von ihm gebaute Benzinmotor. Der unerwartet grosse Erfolg dieser Maschine lenkte die Blicke der Erfinder wieder auf diesen Weg, und seit jener Zeit giebt es eine grosse Anzahl von Maschinen, welche durch eine Mischung von Luft und Benzindämpfen betrieben werden. Indessen ist gegenwärtig aus Furcht vor Unglücksfällen das Benzin durch gewöhnliches Lampenpetroleum fast ganz verdrängt worden, und haben seit dem Jahre 1887 verschiedene Motoren der letzteren Art in der Industrie Eingang gefunden. Man kann somit sagen, dass die Zukunft der mit karburirter Luft betriebenen Motoren seit jener Zeit gesichert ist, und die Erfolge und die Vielseitigkeit der Anwendung dieser Motoren fortwährend wachsen werden.

Allgemeine Betrachtungen über die Benzin-Motoren.

Die Karburirapparate dieser Maschinen lassen sich in zwei grosse Klassen eintheilen. Die erste derselben besteht aus denjenigen Apparaten, welche ohne Erwärmung und nur durch Druckwirkung der Luft arbeiten, sowie aus den mit Erwärmung arbeitenden Apparaten. Bei diesen, hauptsächlich für Beleuchtungszwecke bestimmten Apparaten wird die karburirte Luft in einer Glocke aufgefangen, von wo dieselbe mit einem konstanten und höheren Drucke als der atmosphärische Druck in die Hauptleitung und von hier zur Maschine gelangt. Die auf diese Weise erzeugte karburirte Luft befindet sich demnach in demselben physikalischen Zustand wie gewöhnliches Leuchtgas. Da nämlich das Verhältniss zwischen karburirter und reiner Luft, welches für die Bildung der Ladung zum Betriebe der Gasmaschine nothwendig ist, nahezu dasselbe ist, wie bei Leuchtgas und reiner Luft, so folgt daraus, dass im Wesentlichen jeder für den Betrieb mit Leuchtgas bestimmte Motor durch karburirte Luft betrieben werden kann, wenn die letztere mittelst eines Apparates der ersten Klasse aus Benzin erzeugt wird. In der Praxis wird freilich das erzielte Resultat je nach der Konstruktion der Maschine verschieden sein.

Ganz anders verhält sich die Sache bei den Karburirapparaten der zweiten Klasse, welche gleichfalls ohne Erwärmung arbeiten, aber auf einer Saugwirkung beruhen. Zwar bleibt das Verhältniss zwischen karburirter und reiner Luft zur Bildung eines explosiblen Gemisches nahezu dasselbe, wie bei Leuchtgas und frischer Luft, indessen findet jetzt keine Ansammlung von Gas unter einem höheren, als dem atmosphärischen und konstanten Drucke statt, da das Gemisch nur dann gebildet wird, wenn sich die Maschine in der Saugperiode befindet und die reine Luft durch den Karburirapparat hindurch gesaugt wird. Da demnach die Betriebsverhältnisse bei Anwendung von karburirter Luft der zweiten Art ganz andere sind, als bei der Anwendung von Leuchtgas, so ist hieraus sofort zu ersehen, dass verschiedene Motoren nur mit Hilfe der Apparate der zweiten Klasse arbeiten können. Aus dem Gesagten ergiebt sich, dass im Allgemeinen ein Motor, welcher durch einen Apparat der zweiten Klasse betrieben wird, gleichfalls mit einem Apparat der ersten Klasse arbeiten kann, dass dagegen eine Maschine, welche mit einem Apparat der ersten Klasse verbunden ist, nicht ohne Weiteres mit einem der zweiten Klasse arbeiten kann. Da nun eine Maschine nur dann als ein vollkommener Benzin-Motor gelten kann, wenn sie mit allen Arten von Karburirapparaten, ohne oder mit Erwärmung, mit Druck- oder Saugwirkung der Luft arbeitet, so wird jede Maschine hierher gehören, welche mit einem Apparat der zweiten Klasse richtig arbeitet. Aus diesem Grunde werden auch die letzteren Apparate am meisten angewendet. Dieselben sind in der That einfacher, leichter, kleiner und billiger, als diejenigen der ersten Klasse, welche nur dann mit Vortheil Anwendung finden, wenn man das Gas gleichzeitig zu Beleuchtungszwecken verwenden oder ein möglichst vollkommenes Gemisch erzielen will, da das durch die Apparate der ersten Klasse erzeugte Gas wesentlich besser, als das mit Apparaten der zweiten Klasse gebildete ist, und bei der Anwendung eines Apparates der ersten Klasse der Gang der Maschine gleichmässiger und die Wartung leichter ist. Thatsächlich aber entsprechen auch alle Motoren dieser Art, welche man im Handel findet, den an sie gestellten Bedingungen, dass sie auch mit einem Apparat der zweiten Klasse arbeiten können. Die Konstrukteure, welche ältere, diesen Anforderungen nicht entsprechende Maschinen besassen, haben dieselben derartig umgebaut, dass sie diese Bedingungen erfüllen, während alle späteren Erfinder ihre Maschinen von Anfang an so konstruirt haben, dass sie ebenso gut mit Leuchtgas, als auch mit karburirter Luft unter Anwendung eines Apparates der zweiten Klasse betrieben werden können.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass es strenggenommen keine besondere Klasse von Benzinmotoren giebt, da man jeden mit Leuchtgas betriebenen Motor auch als Benzinmotor bezeichnen kann, sobald derselbe nur mit irgend einem Karburirapparat verbunden ist. Bei manchen Systemen ist allerdings der Karburirapparat direkt mit dem Motor verbunden und bildet mit ihm ein zusammenhängendes Ganzes.

Wenn nun auch kein bestimmter Typus des Benzinmotors existirt, so

erfüllen doch die bisher gebauten Maschinen dieser Art bestimmte Bedingungen, welche im Folgenden näher mitgetheilt werden sollen.

Vor allen Dingen müssen alle Motoren dieser Art mit Kompression arbeiten, also zur zweiten Klasse der Gasmaschinen gehören. Ein Hauptgrund dafür, dass die Benzinmotoren nicht schon längst in die Praxis Eingang gefunden haben, liegt wohl darin, dass dies erst der Fall sein konnte, nachdem der Werth des Kreisprozesses der Maschinen der zweiten Art richtig erkannt war. Andere Gründe für das so späte Aufkommen der Benzinmotoren sind ferner darin zu suchen, dass bei den mit Saugwirkung arbeitenden Karburirapparaten der Anfangsdruck des Gases im Cylinder für eine Maschine der ersten Klasse zu klein war, sowie darin, dass die Zündung der Maschinen der ersten Klasse meistens durch eine Zündflamme erfolgte. Der Einfluss der Zündung eines Motors auf seine Verbreitung ist in der That ein sehr grosser, welchem System derselbe auch angehören mag. Bei Anwendung eines Karburirapparates der ersten Klasse kann allerdings eine Flammenzündung benutzt werden, da eine unter Druck stehende Gasmenge vorhanden ist, während man bei einem Karburirapparat der zweiten Klasse (mit Saugwirkung) eine Flammenzündung nur sehr schwierig und nur durch Anwendung sehr komplizirter Konstruktionen erreichen kann. Ausserdem verschmutzen aber die durch karburirte Luft gespeisten Flammen die Brenner sehr rasch und erhitzen alle Theile viel stärker, als bei der Anwendung von Leuchtgas. Berücksichtigt man ferner die grosse Feuers- und Explosionsgefahr, welche mit diesen sehr gefährlichen, flüssigen Brennstoffen verbunden ist, so kann man begreifen, dass die Zündungen durch Vermittelungsflammen etc. vollständig fallen gelassen sind, und man ausschliesslich zu den Glührohrzündungen und Zündungen durch elektrische Funken übergegangen ist. Die letzteren werden in vielen Fällen in der bekannten Weise durch Batterien und Induktionsspulen erreicht, indessen wird in neuerer Zeit häufig der Unterbrechungsstrom eines magnet-elektrischen Apparates verwendet, dessen Spule nur im Moment der Zündung gedreht wird. Da derselbe in einem früheren, die Zündungen behandelnden Paragraphen ausführlich beschrieben worden ist[1]), so mag hier nur darauf verwiesen und hinzugefügt werden, dass dieser Apparat verhältnissmässig einfach ist, die Nachtheile der Batterien vermeidet und weder im Betrieb noch im Stillstand Unkosten verursacht, ausserdem bei jeder beliebigen Geschwindigkeit und in jeder Lage zufriedenstellend arbeitet, so dass er namentlich für Transportmaschinen grosse Dienste zu leisten berufen ist. Sehr häufig findet sich auch eine elektrische Zündung, welche durch dynamo-elektrische oder magnet-elektrische Apparate bewirkt wird, die sich unausgesetzt bewegen. Diese Apparate sind jedoch komplizirter und kostspieliger als die vorerwähnten und erfordern grosse Geschwindigkeiten, um richtig zu funktioniren. Allerdings verursachen sie, ebenso wie die vorerwähnten Apparate, weder im Betrieb noch im Stillstand irgendwelche

1) Vergl. S. 64 u. ff.

Unkosten und können in jeder beliebigen Lage arbeiten. Die Zündung vermittelst eines elektrischen Funkens verursacht jedoch im Allgemeinen grössere Schwierigkeiten als die Zündung durch ein Glührohr, welche gleichfalls bei den Benzinmotoren häufig angewendet wird. Ist kein mit karburirter Luft gefüllter Behälter zur Speisung eines Brenners vorhanden, so wird das Glührohr anfänglich durch eine mit Benzin gespeiste Lampe geglüht. Während des Betriebs wird dann durch die von dem Glührohr ausgestrahlte Wärme das Benzin oder sonstige Mineralöl verdampft und dann erst verbrannt, so dass eine wirkliche Gasflamme erzeugt wird. Diese Art der Zündung ist sehr einfach und zuverlässig, jedoch nicht ohne Feuers- und Explosionsgefahr, ausserdem werden die Glührohre stark angegriffen und erfordern, um wirksam zu bleiben, eine fortgesetzte Reinigung.

Von grosser Wichtigkeit ist für alle durch karburirte Luft betriebenen Motoren die Frage der Steuerung. Da die Gemische aus reiner und karburirter Luft bei bedeutend höherer Temperatur verbrennen und viel mehr Rückstände ergeben, als die Mischungen aus Leuchtgas und reiner Luft, so müssen die Steuerungsorgane möglichst einfach konstruirt sein, dürfen sich weder leicht verstopfen noch erwärmen, und müssen sehr leicht nachgesehen und gereinigt werden können. Aus diesem Grunde werden Schieber, welche diese Bedingungen kaum erfüllen, nur noch selten angewandt. Da dieselben ja meistens auch gleichzeitig zur Zündung durch Vermittelungsflammen dienen, so werden, da die Flammenzündungen bei den Benzin- und Petroleummotoren kaum noch Anwendung finden, auch aus diesem Grunde die Schieber durch Ventile ersetzt. Dieser Grund ist so ausschlaggebend, dass selbst Otto bei seinem ersten Petroleummotor den Schieber durch Ventile ersetzt hat. Die Ventile sind in der That bei hohen Temperaturen bedeutend widerstandsfähiger und lassen sich leicht und schnell entfernen, reinigen und repariren.

In Folge der höheren Explosionstemperatur geben die mit karburirter Luft arbeitenden Motoren einen bedeutend höheren Druck als die mit Leuchtgas arbeitenden, während der Kühlwasserverbrauch für eine effektive St. PS. in beiden Fällen ungefähr derselbe ist. Motoren mit Rippenkühlung werden im Allgemeinen nur bis zu einer Pferdestärke ausgeführt, und muss dann ihre Schmierung eine ungemein sorgfältige sein. Die mit Benzingas arbeitenden Motoren erhalten im Allgemeinen dieselben Steuerungstheile und -apparate, wie die mit Leuchtgas arbeitenden Motoren derselben Klasse.

Unter den hauptsächlichsten Maschinen dieser Art sind zu nennen: die Systeme von Lenoir, Otto, Simplex, Durand, Benz, Daimler, Tenting, Nöel, Forest und Mire. Vorläufig soll von den sieben ersteren der genannten Systeme nicht weiter die Rede sein und nur der drei letzteren mit einigen Worten gedacht werden.

Die Maschine von Forest ist genau ebenso konstruirt, wie diejenige, welche gelegentlich der Besprechung der Maschinen der ersten Gruppe der zweiten Klasse behandelt wurde. Ihr Karburirapparat entspricht dem Apparat von Pieplu, indessen findet bei ihm auch ein Ansaugen des Gemisches

statt. Auch der Nöel'sche Motor ist weiter oben erwähnt worden, ebenso der Mire'sche Motor gelegentlich der Beschreibung der Maschinen der zweiten Gruppe. Diese drei letzteren Maschinen eignen sich für alle Leistungen unter $^1/_2$ PS., vor allen Dingen da, wo keine Gasleitungsanlage vorhanden ist.

Die Benzin-Motoren sind im Allgemeinen einfach und kräftiger gebaut, und unterscheidet sich ihre Aufstellung wenig von derjenigen der Leuchtgasmotoren. Ist der Karburirapparat mit dem Motor selbst verbunden, wie dies häufig der Fall ist, so besteht die Montage lediglich darin, einige Fundamentschrauben einzumauern, welche den Sockel des Motors mit dem Fundament zu verbinden haben. Steht dagegen der Karburirapparat für sich allein, so werden beide Theile getrennt von einander aufgestellt und durch eine Rohrleitung verbunden. Bei der Gasentnahme aus dem Karburirapparat findet eine Verbindung zwischen der Maschine und dem Gasleitungsrohr statt. Das letztere braucht keinen Gummibeutel, wenn ein Karburirapparat der zweiten Klasse mit Saugwirkung vorhanden ist, während ein solcher unbedingt erforderlich ist, wenn ein Apparat der ersten Klasse zur Verwendung kommt und derselbe gleichzeitig zu Beleuchtungszwecken dient. Die Luft für die Maschine kann entweder durch Vermittelung eines Saugtopfes aus dem Maschinenraum selbst oder von aussen genommen werden, indessen muss der Eintritt von Staub in die Saugleitung sorgfältig vermieden werden.

Im Allgemeinen erfordern die Benzin- und Petroleum-Motoren mehr Sorgfalt und Wartung als die Leuchtgasmotoren, die Kolben, Cylinder und die anderen Haupttheile der Maschine müssen häufiger gereinigt werden, da sich Niederschläge und Abscheidungen in der Maschine bilden. In Folge dessen ist auch die Schmierung etwas umständlicher und theurer. Die Karburirapparate erfordern im Allgemeinen keine andere Sorgfalt, als alle 10 Stunden mit der für die betreffende Arbeitszeit nothwendigen Brennflüssigkeit gefüllt und im Innern von Zeit zu Zeit gereinigt zu werden. Der gute Gang eines Benzinmotors, sowie seine Wartung und Instandhaltung hängt sehr viel von dem zur Anwendung kommenden Karburirapparat, d. h. von der Güte des erzeugten Gases ab. Der Gasreichthum und in Folge dessen auch die Explosivkraft des Gases schwankt mit der Arbeitsdauer und der äusseren Lufttemperatur. Von ersterer hängt namentlich die Reinheit der Brennflüssigkeit, von letzterer die Flüchtigkeit und die Kondensation der Gase ab. Um den Einfluss der äusseren Temperatur, namentlich wenn dieselbe sehr niedrig ist, zu beseitigen, lässt man einen Theil der Abgase um den Karburirapparat streichen. Ist derselbe jedoch mit der Maschine verbunden, so genügt zur Erwärmung im Allgemeinen bereits die von der Maschine selbst ausgestrahlte Wärme. Die Benzinmotoren sind im Allgemeinen schwerer zu unterhalten, als die Leuchtgasmotoren. Wünscht man eine möglichst konstante Leistung und Geschwindigkeit beizubehalten, so muss man den Einlasshahn der frischen Luft sehr häufig reguliren, um den Gasreichthum der Ladung konstant zu erhalten, da der letztere fast fortgesetzt nach der einen oder anderen Richtung hin ohne irgend einen äusseren sichtbaren Grund

schwankt. Ist die Aussentemperatur niedrig, so ist es nothwendig, vor dem Anlassen der Maschine den Boden des Karburirapparates durch warmes Wasser zu erwärmen, da sonst die Verdampfung der Brennflüssigkeit ungenügend vor sich gehen und das Gemisch sich nicht entzünden würde. Die Benzinmotoren verbrauchen im Mittel 0,6 l Brennflüssigkeit für eine effektive St.PS. Die angewandte Brennflüssigkeit ist sehr oft Benzin vom specifischen Gewicht 0,65. Zuweilen gestattet die Einrichtung des Karburirapparates auch die Anwendung von Mineralöl vom specifischen Gewicht 0,7 und der Gang der mit diesem Brennstoff betriebenen Motoren ist im Allgemeinen regelmässiger sowie die Explosionsgefahr bei den letzteren geringer, als bei Benzin vom spec. Gewicht 0,65. Ausserdem ist das Mineralöl von höherem spec. Gewicht auch leichter zu beschaffen. Der vorerwähnte Verbrauch von Brennflüssigkeit ist nicht sehr gross. Trotzdem sind bei dem in Frankreich üblichen Preis für Benzin die Betriebskosten für 1 St.-PS. doch noch zu gross.

Die Benzinmotoren sind sehr difficil in ihrer Behandlung, namentlich in Anbetracht der so sehr gefährlichen Brennflüssigkeit, weshalb die Wartung dieser Maschinen nur sehr verständigen und zuverlässigen Personen anvertraut werden kann. Im Allgemeinen werden die Benzinmotoren nur dann mit Vortheil angewandt, wenn kein Leuchtgas vorhanden ist, oder dasselbe mehr als 0,4 Frcs. = 32 Pfg. pro cbm kostet. In diesen Fällen leisten die Benzinmotoren allerdings sehr grosse Dienste, namentlich für Leistungen unter 4 PS., und höchstens bis zu 10 oder 12 PS., und sind besonders dann sehr empfehlenswerth, wenn der Betrieb ein vorübergehender ist.

Beschreibung einiger Benzinmotoren.

Benzinmotor von Lenoir (Fig. 163). Diese von der Firma Gebrüder Rouart in Paris gebauten Maschinen unterscheiden sich wenig von den von dieser Firma gebauten Gasmaschinen und gehören ebenso wie diese der Gruppe A der zweiten Klasse an. Dieselben bieten daher nichts Erwähnenswerthes und soll darum nur der Karburirapparat derselben näher besprochen werden. Nachdem Lenoir im Jahre 1885 die Beobachtung gemacht hatte, dass ein Gemisch von Luft und Kohlenwasserstoffen sich in einer stehenden Röhre zersetzte und in seine einzelnen Bestandtheile auflöste, bevor es an den Ort seiner Verwendung gelangte, beschloss er, seinem Gasgemisch soviel Gefälle als möglich zu geben und setzte zu diesem Zweck den Karburirapparat über den zu treibenden Motor. Diese Anordnung hat den Vortheil, dass der Einfluss der bei der Verdunstung der Brennflüssigkeit entwickelten Kälte durch die Nachbarschaft des Arbeitscylinders aufgehoben wird, und der Raumbedarf der Maschine kleiner wird. Bei den ersten Versuchen, welche Lenoir in den Jahren 1862 und 1881—1883 anstellte, wandte er die verschiedensten Karburirapparate an, bediente sich jedoch seit dem Jahre 1884 eines Apparates, welcher aus einem horizontalen drehbaren Cylinder bestand und durch gelochte Bleche in eine Anzahl von Abtheilungen zerlegt war. Eine

bestimmte Anzahl dieser Abtheilungen war mit Werg gefüllt, welches durch die im Cylinder enthaltene Brennflüssigkeit fortwährend feucht erhalten

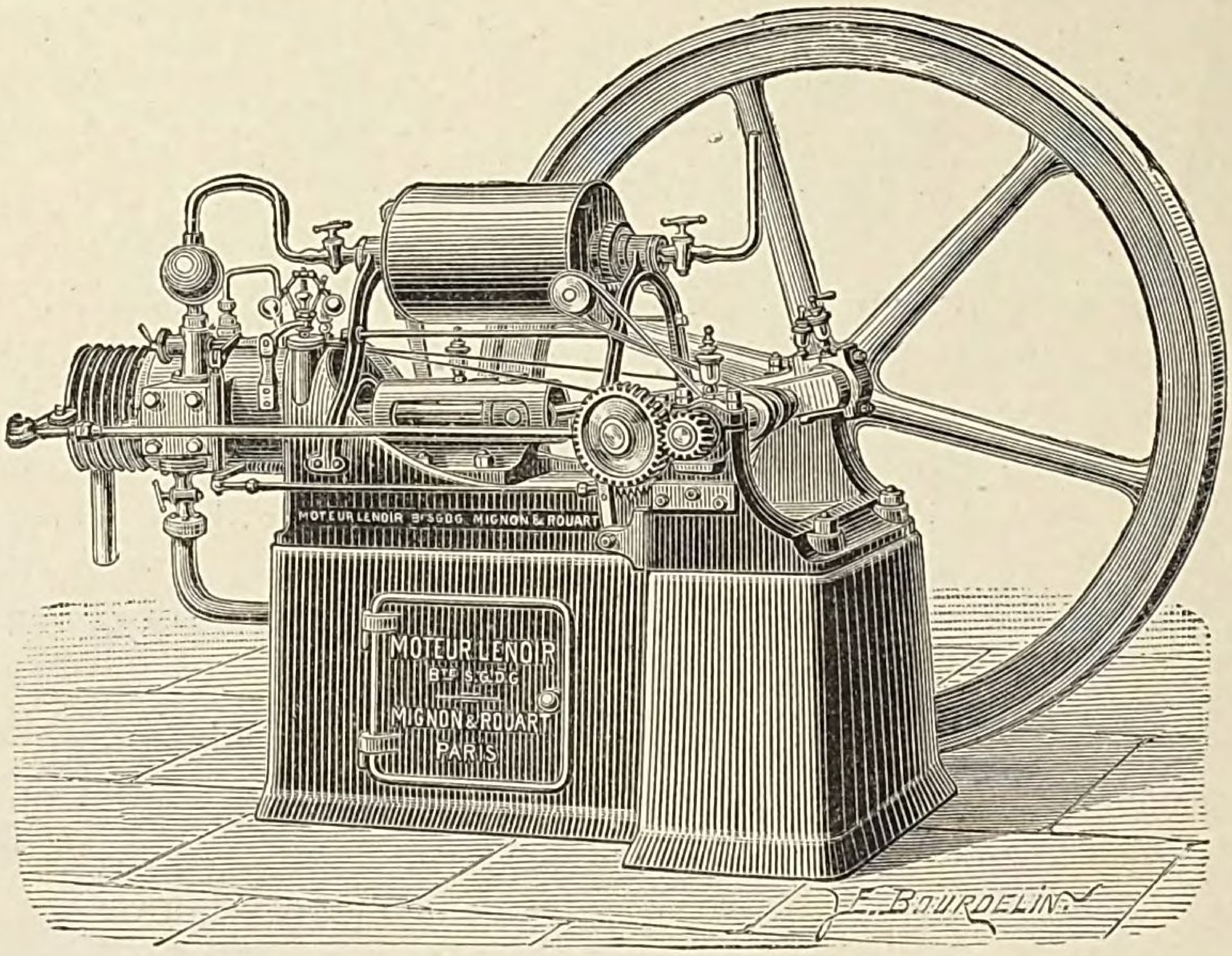


Fig. 163.

wurde, so dass die frische Luft beim Durchgang durch den Cylinder sich mit Petroleumdämpfen sättigte. Später, 1885—86, änderte er seinen Apparat

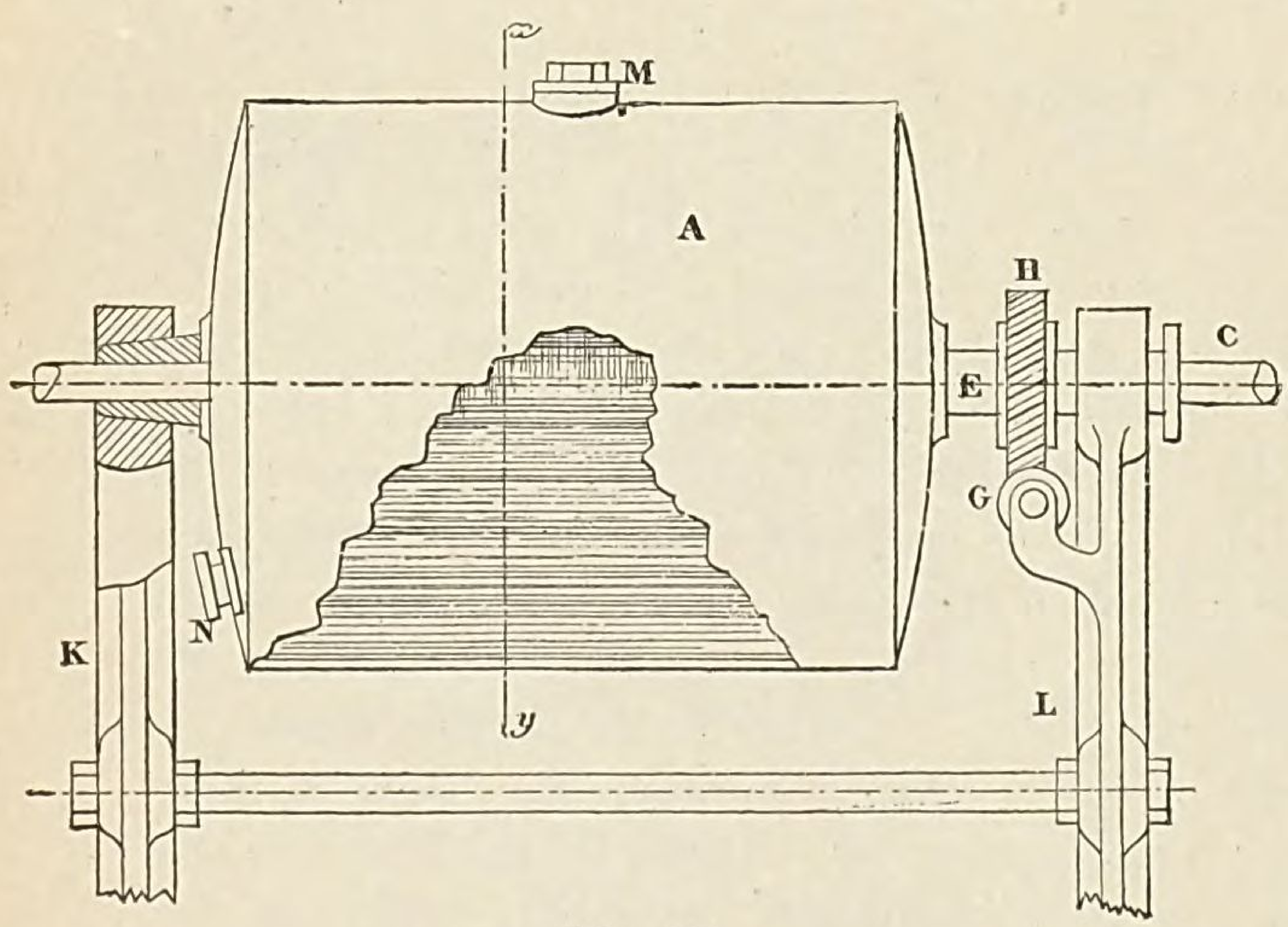


Fig. 164.

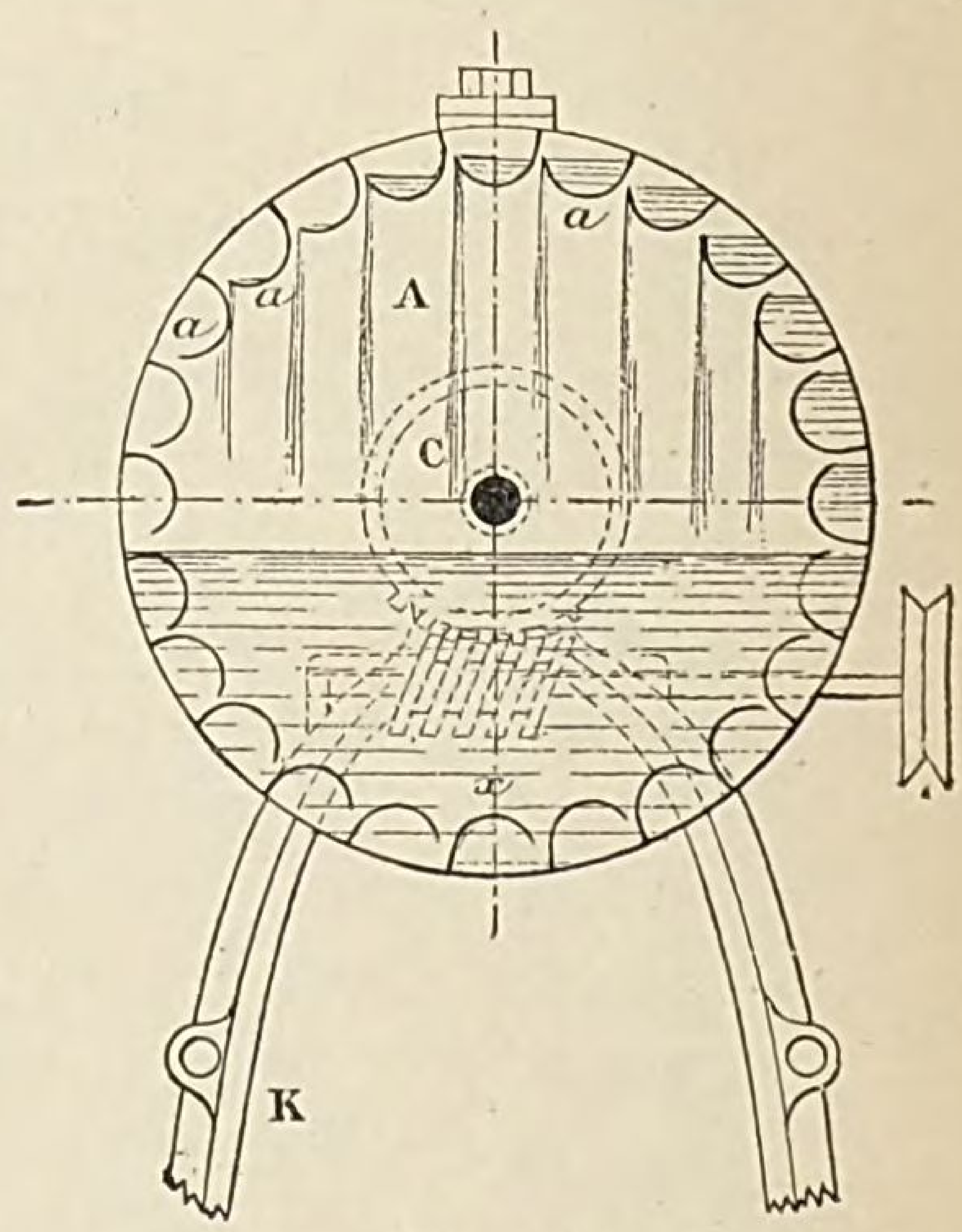


Fig. 165.

wiederum ab, und gegenwärtig wird die Luft dadurch karburirt, dass dieselbe durch einen Cylinder streicht, in welchem fortwährend ein feiner Benzinregen niederfällt. Zu diesem Zweck wendet er einen, aus einem horizontalen

schmiedeeisernen Cylinder A bestehenden Karburirapparat an (Fig. 164 und 165), welcher im Innern mit einer bestimmten Anzahl von Schaufeln (im vorliegenden Falle 24) ausgerüstet ist. Derselbe dreht sich mit Hülfe zweier an den Deckeln des Cylinders befestigter Drehzapfen D E um 2 festliegende Röhren B C mit ungefähr 4 Umdrehungen in der Minute. Der Antrieb erfolgt durch eine Schraube ohne Ende G, welche von der Hauptwelle mittelst zweier Schnurscheiben und einer Treibschnur angetrieben wird und in ein Schraubenrad H eingreift. Die Rohre B und C und der an ihnen aufgehangene Apparat werden durch 2 im Fundament verschraubte Träger K L getragen, und liegt der ganze Apparat über der Maschine. Das mit einem Hahn versehene Rohr C steht mit der äussern Atmosphäre in Verbindung und trägt an seinem äusseren Ende einen eigenartig geformten Saugkorb, welcher den Eintritt von Staub in die Luftleitung verhindern soll, das andere Rohr B leitet das karburirte Gas nach der Maschine. Die Füllung des Apparates mit Benzin erfolgt durch die Oeffnung M, welche mittelst einer Kopfschraube verschlossen werden kann, während ein Schauglas N den Flüssigkeitsspiegel im Innern des Cylinders zu kontroliren gestattet. Ist der Apparat mit einer bestimmten Menge von Benzin gefüllt und wird hierauf in Umdrehung versetzt, so füllt sich jede Schaufel mit Benzin und beginnt, sobald sie etwas über die horizontale Trommelachse hinaufgegangen ist, die Flüssigkeit in einem feinen Strahl auszugiessen, bis die Schaufel leer ist. Da mehrere Schaufeln gleichzeitig in derselben Weise arbeiten, so wird ein feiner und beständiger Benzinregen den Raum oberhalb des Flüssigkeitsspiegels ausfüllen. Strömt die Luft daher durch das Rohr C in den Cylinder A ein, so wird sie, bevor sie aus dem Rohr B austritt, mit Benzingas gesättigt und dadurch in den Stand gesetzt, die Verbrennung zu unterhalten, oder einen Motor zu treiben. Nachdem das karburirte Gas durch das Rohr B ausgeströmt ist, gelangt es noch in einen stehenden Cylinder O (Fig. 166), welcher verschiedene metallene Querwände enthält und verhindern soll, dass irgend eine von der Maschine zurückschlagende Flamme in den Karburirapparat gelangen kann. Hierauf strömt das Gas durch den Gashahn P in das Saugventilgehäuse Q, welches an den Cylinder angeschraubt ist und in zwei durch das selbstthätige Ventil d getrennte Kammern b und c zerfällt, deren letztere durch einen Kanal i mit dem Cylinder in Verbindung steht. An derselben ist seitlich das Glührohr bei S angeschraubt, sodass dasselbe gegen jede Beschädigung geschützt ist. In der andern Kammer b mischt sich das karburirte Gas mit der frischen Luft, welch letztere durch das Rohr T einströmt, das am untern Ende mit einem Hahn von eigentümlicher Gestalt

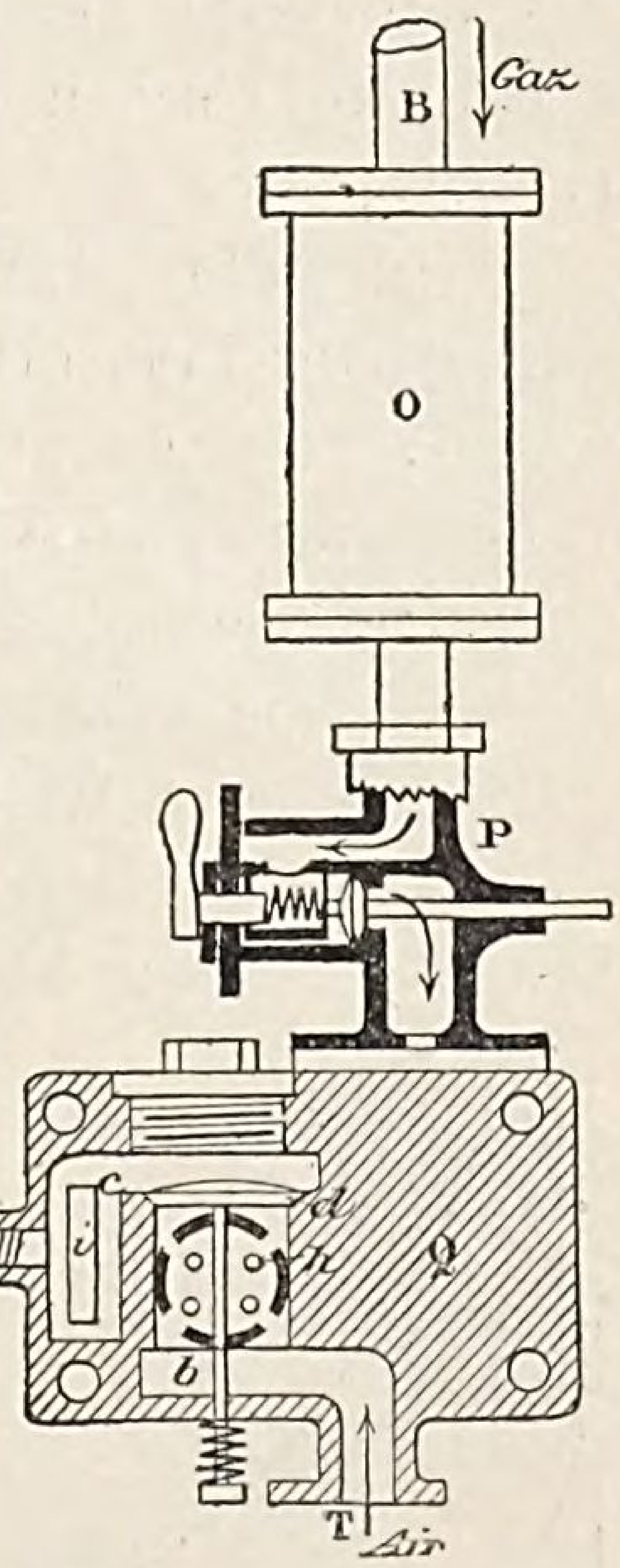


Fig. 166.

versehen ist. Der letztere besteht aus einer festen, mit sechs Oeffnungen versehenen Scheibe und einer losen ebenso beschaffenen, welche gegen die erstere verdreht werden kann und so die Menge der einströmenden Luft regulirt. Nachdem das Gas durch das Ventil P eingeströmt ist, gelangt es durch eine Anzahl kleiner Rohre h von verschiedener Länge in die Kammer b und wird hier mit der Luft gemischt. Im Moment des Ansaugens hebt sich das Ventil d, worauf sich die durch das Rohr C des Karburirapparates A (Fig. 164) angesaugte Luft, welche sich mit den Benzindämpfen gesättigt hat, in der Kammer b mit einer bestimmten Menge reiner Luft mischt und durch die Kammer c in den Cylinder strömt. Die Zündung und die Regulirung finden genau in derselben Weise wie bei den mit Leuchtgas betriebenen Motoren statt, während die Kühlung der Cylinder der Lenoir'schen Maschine stets durch Wassercirkulation im Cylindermantel erfolgt.

Im Jahre 1885 stellte Treska verschiedene Versuche mit einem mit karburirter Luft arbeitenden Lenoirmotor an, deren Hauptresultate folgende waren:

Leistung in effektiven PS. . . . , ...	1,96
Benzin-Verbrauch bei einem specifischen Gewicht von 0,65 für eine effektive St.PS.	0,607 l
Maschineller Wirkungsgrad	64%

Da das Benzin von 0,65 specifischem Gewicht ungefähr einen halben Franc per Liter kostet, so ergiebt sich, dass die Betriebskosten für 1 St.PS. ungefähr 0,30 Frcs. = 24 Pfg. betragen. Figur 167 stellt ein während dieser Versuche aufgenommenes Diagramm dar. Wie man sieht, steigt die Kompression weit über 4 kg, der Explosionsdruck über 16 kg. Wie bei den durch Leuchtgas betriebenen Motoren äussert sich diese starke Kompression und heftige Explosion des Gemisches durch starke Schläge während des Ganges. Trotz dieser Nachtheile kann der Lenoir'sche Benzinmotor seiner Einfachheit, seines geringen Brennmaterialverbrauchs und seiner leichten Wartung wegen unter die besten Maschinen dieser Art gezählt werden.

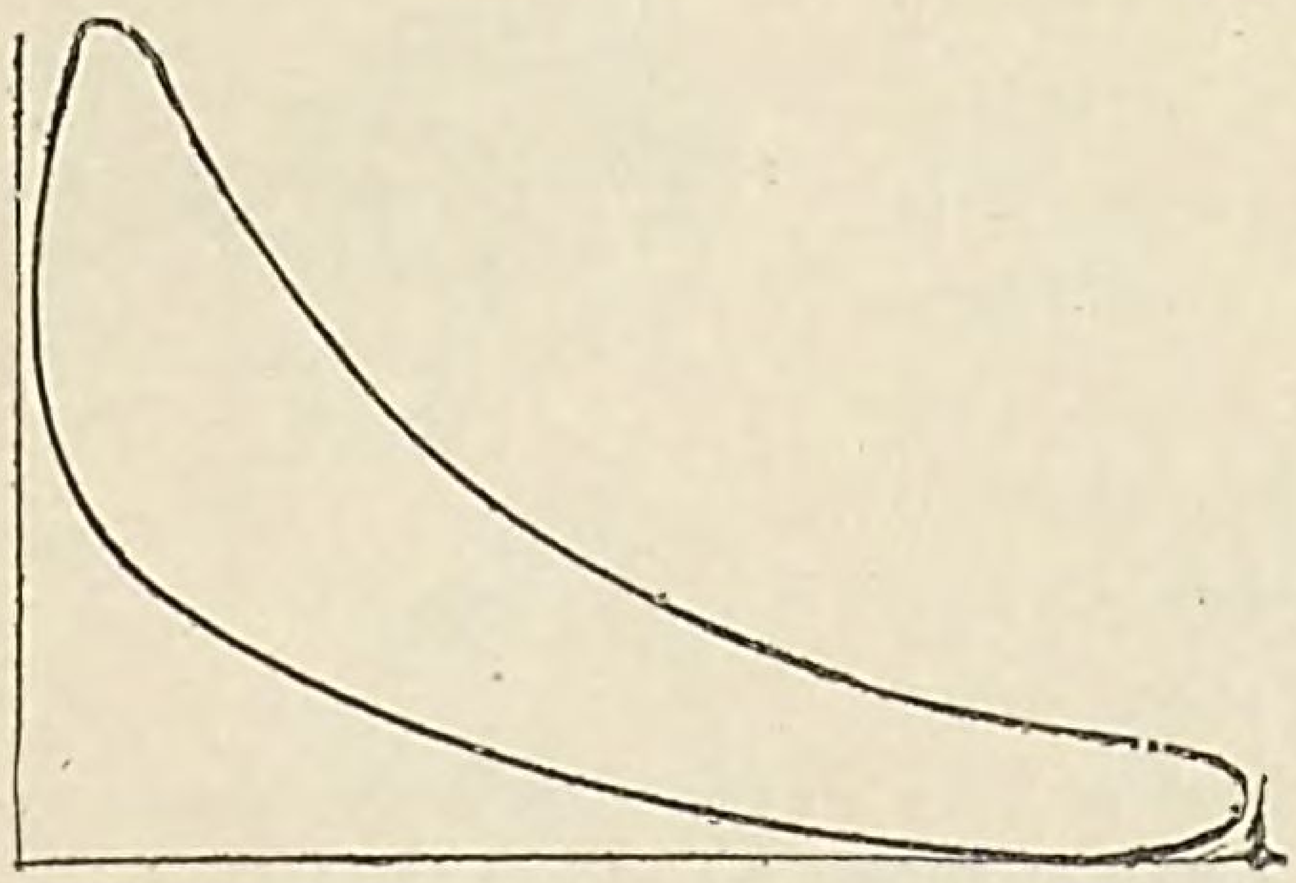


Fig. 167.

Benzinmotor von Otto. Der Otto'sche, mit karburirter Luft betriebene Motor beruht genau auf demselben Prinzip, wie der eincylindrische, liegende Gasmotor, welcher bereits früher beschrieben ist. Sein Kreisprozess ist derselbe und abgesehen davon, dass an Stelle des Schiebers ein selbstthätiges Einlassventil sowie eine elektrische Zündung angewandt wird, sind alle übrigen Theile genau dieselben, höchstens ist ihre Lage zur Maschine einiger-

massen verändert. Daher ist auch das äussere Ansehen der Benzinmotoren fast genau dasselbe wie das der Gasmotoren. Der Cylinder A, Fig. 168, ist freitragend am Gestell befestigt, und findet die Bewegungsübertragung sowie der Antrieb aller Steuerungsorgane, des Regulators, der Zünd- und Schmiervorrichtungen durch die Hilfswelle B genau in derselben Weise, wie bei der Otto'schen Gasmaschine statt. Der auf der Saugwirkung beruhende, mit dem Cylinder fest verbundene, cylindrische, stehende Karburirapparat bietet nichts Besonderes. Die Luft gelangt in denselben durch ein oberhalb des Apparates angebrachtes Saugrohr, dessen Oeffnung mit einem Drahtgewebe bedeckt ist, während die karburirte Luft durch ein zum ersteren paralleles Rohr austritt und in ein Gasventil C gelangt, welches dem früher besprochenen Otto'schen Ventil ähnlich, jedoch stehend statt liegend angeordnet ist. Nachdem die karburirte Luft durch dasselbe gegangen ist, mischt sie sich mit der zu ihrer Verbrennung nothwendigen frischen Luft in dem Gehäuse des selbstthätigen Ventils D, welches den Eintritt der Ladung in den Cylinder regulirt. Durch das Rohr E, welches mit einem gewöhnlichen Saugtopf in Verbindung steht, strömt die frische Luft in dieses Ventil ein. Wie bei den gewöhnlichen Gasmotoren wird das Gasventil durch einen Nocken H geöffnet, welcher auf der Hilfwelle verschiebbar ist und auf einen halbkreisförmig gebogenen Hebel K einwirkt, der über dem Cylinder liegt. Die Hilfswelle B wirkt auf das Auslassventil vermittelst eines zweiten Nockens und Hebels, während der von der Welle gleichfalls angetriebene Kugelregulator den Nocken H auf der Welle verschiebt, sobald die Geschwindigkeit der Maschine zu gross wird, in welchem Falle der Hebel K und in Folge dessen auch das Gasventil nicht bewegt wird. Die äussere Luft hebt hierbei während der Saugperiode das Ventil D, sodass frische Luft durch das Rohr E in den Cylinder strömen kann. Schliesslich bewegt die Hilfswelle B auch noch den Schmierapparat und die Zündvorrichtung. Die letztere besteht aus einem Magneten M mit einer abwechselnden Drehbewegung der Drahtspule. Die Wirkungsweise desselben ist bereits früher besprochen worden, so dass nur der Mechanismus als solcher erklärt zu werden braucht. Die Welle B trägt an ihrem Ende einen Zapfen N, welcher gegen einen auf der Welle der Spule P befestigten Hebel O schlägt und die Spule hierdurch dreht. Der am Ende der Stange T befestigte Finger R wird gleichzeitig vermittelst der an dem

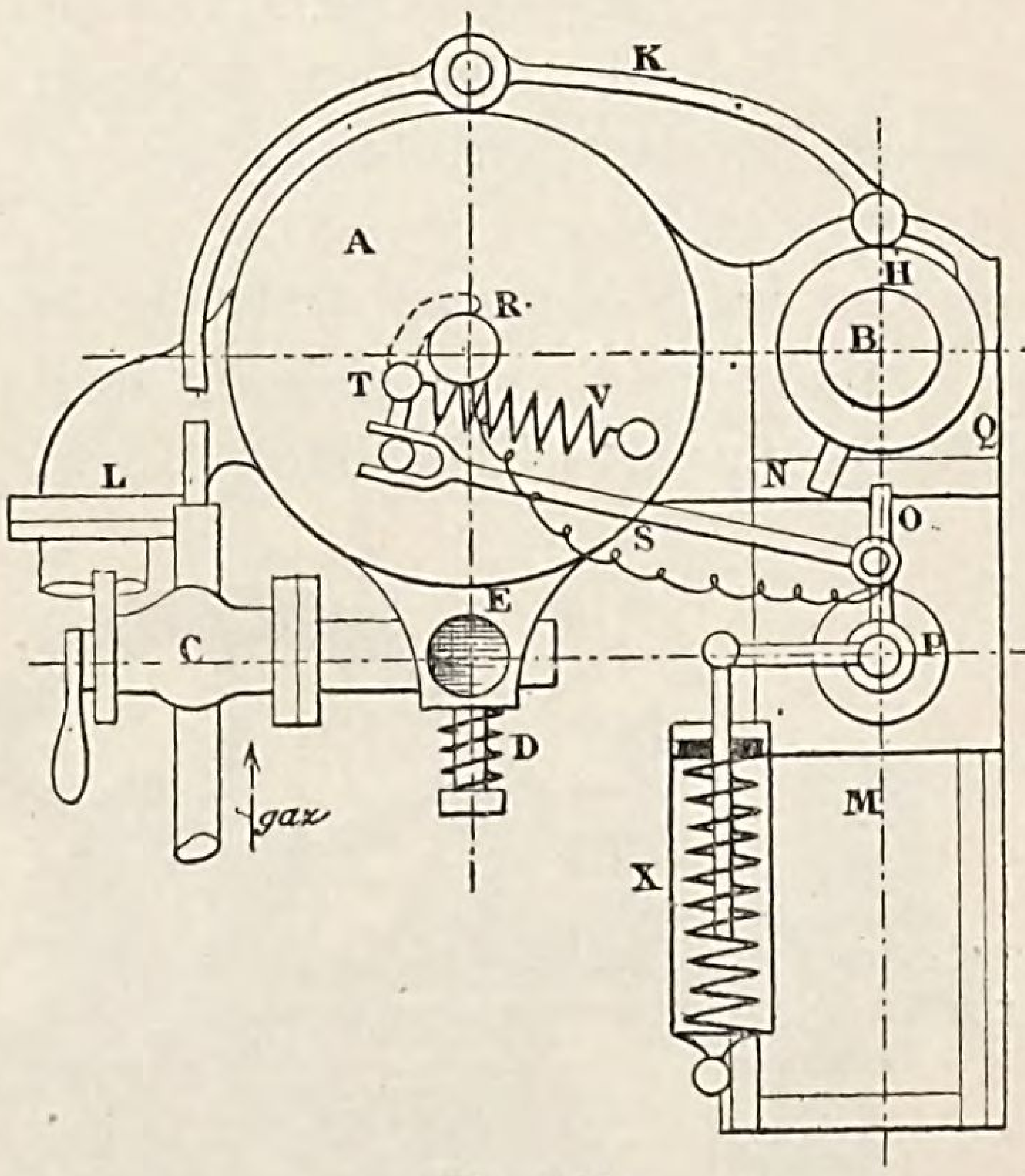


Fig. 168.

Hebel O und der Kurbel O befestigten Verbindungsstange S von dem isolirten Zapfen der Zündungsvorrichtung entfernt. Durch die Federn O und X wird der Mechanismus in seine Anfangsstellung zurückgezogen, sobald der Zapfen N den Hebel O wieder loslässt. Letzteres findet kurz vor dem Moment der Zündung statt. Wie bereits besprochen liegt die eigentliche Zündungsvorrichtung im Mittelpunkt des Cylinders und lässt sich sehr leicht herausnehmen. Der ganze, magnetische Apparat ist an dem hinteren Lager Q der Steuerwelle befestigt.

Tabelle der eincylindrischen, liegenden Otto'schen Benzinmotoren.

Leistung in eff. PS.	1	2	4	6	8
Tourenzahl in der Minute	180	180	160	160	160
Abmessungen: 1. Länge incl. Schwungrad in m	1,8	2,5	2,92	3,55	3,55
2. Breite incl. Schwungrad in m	0,93	1,07	1,30	1,50	1,54
3. Höhe incl. Schwungrad in m	1,33	1,65	1,74	1,86	1,86
Gewicht der Maschinen in kg ca.	560	950	1450	2500	2600
Gewicht des Sockels in kg ca.	250	400	500	550	550
Gewicht des Karburirapparates in kg ca.	100	100	100	200	200

Die neueste Konstruktion der Otto'schen Benzinmotoren ist in den Figuren 169—176 abgebildet. In Fig. 169 ist zunächst die allgemeine Anordnung der Maschine dargestellt, während die Figuren 170 und 171 die Seiten- und Hinteransicht zeigen.

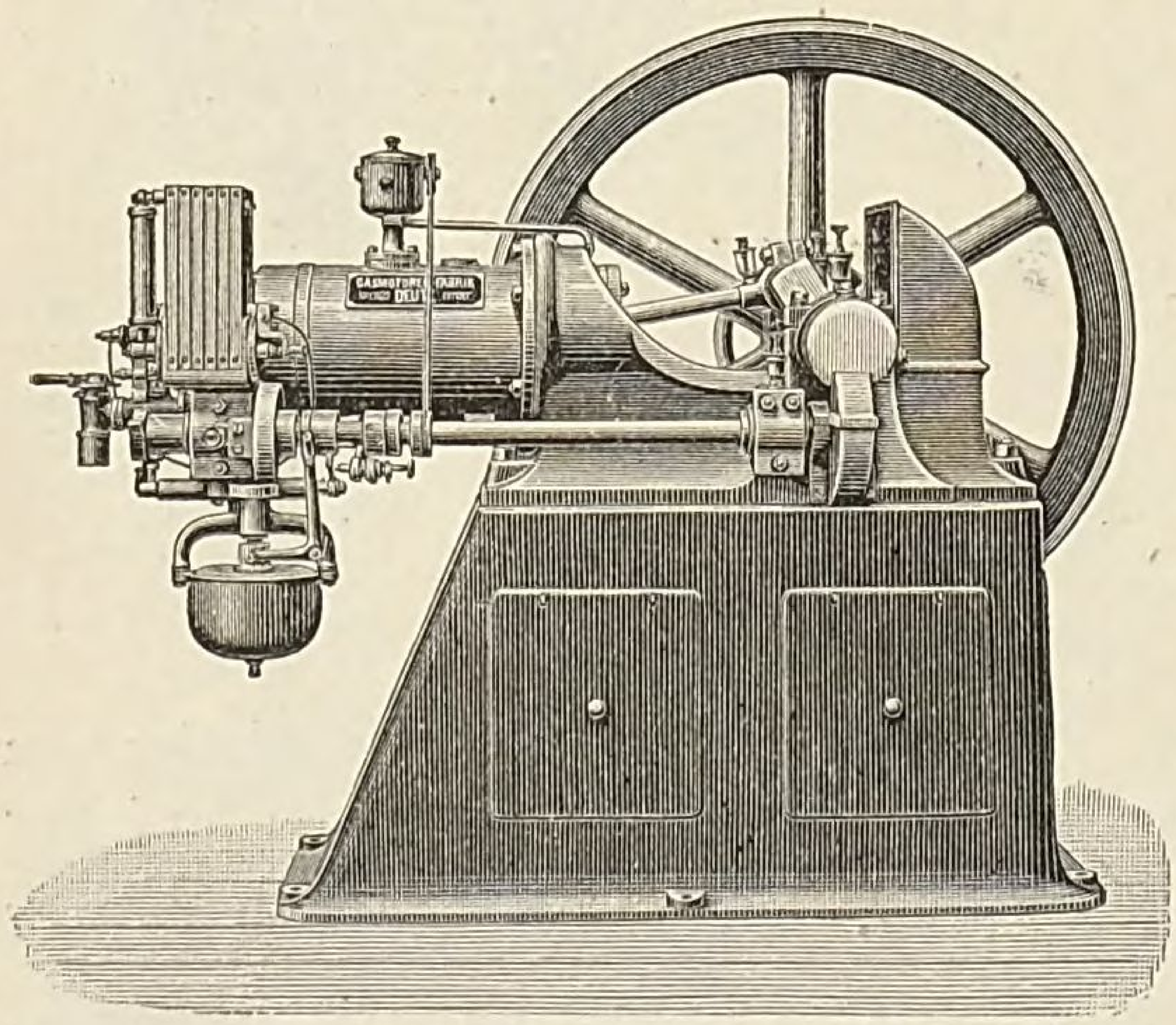


Fig. 169.

Die Steuerungswelle H liegt im Gegensatz zu der in Fig. 168 dargestellten Anordnung unterhalb der Maschinenachse, während der magnetische Zündapparat E nicht wie in Fig. 168 unterhalb, sondern oberhalb der Steuerwelle liegt.

Der Zündapparat wirkt genau wie bei der in Fig. 168 dargestellten Maschine. Auch hier sitzt auf der nach aussen verlängerten Welle der Induktionsrolle der Hebel a b (Fig. 171), dessen unteres Ende von dem auf der Steuerwelle sitzenden Daumen oder Zapfen c nach rechts verschoben wird, sobald letzterer gegen den Hebel a anstösst. Hierdurch wird die Induktionsrolle gedreht. Schnappt nun der Hebel a b, nachdem er ausser Eingriff mit dem Zapfen c gekommen ist, unter dem Einfluss der starken, im Gehäuse j enthaltenen Feder zurück, so wird durch die schnelle Drehung der Induktionsrolle zwischen den Magnetstäben in ersterer ein Strom erzeugt, welcher einer-

seits durch einen isolirten Draht q nach dem aus Fig. 172 zu ersehenden Kontaktstift s, andererseits durch den Maschinenkörper nach dem Kontakthebel o geleitet wird. Ersterer besteht aus einem ca. 5 mm dicken Stahlstift, welcher durch eine Porzellanhülse h isolirt und in die Mitte des hinteren Cylinderdeckels eingeschraubt ist. Im Moment des Zurückschnappens schlägt die mit dem Hebel a verbundene, am vorderen Ende gegabelte Stange gegen den Hebel r und bringt dadurch momentan den Kontakthebel o ausser Be-

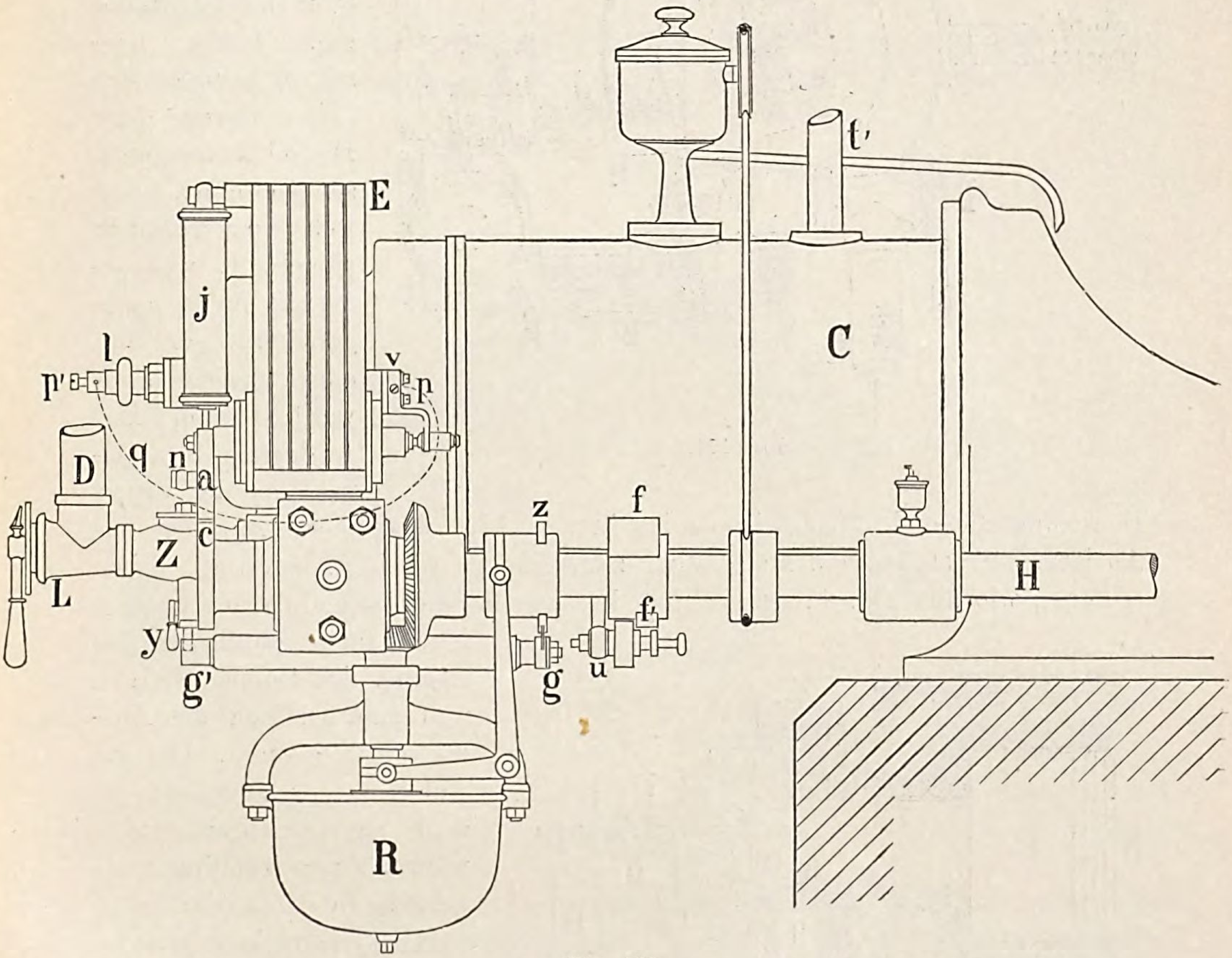


Fig. 170.

rührung mit dem Kontaktstift s, wodurch eine Unterbrechung des in der Induktionsrolle gleichzeitig erzeugten Induktionsstromes erfolgt und ein elektrischer Funke zwischen dem Kontakthebel o und dem Kontaktstift s überspringt, welcher die Zündung der Ladung bewirkt.

Der magneto-elektrische Apparat besteht aus zwölf Magnetstäben E, Fig. 170, zwischen deren beiden Polschuhen sich ein, mit isolirtem Kupferdraht umwundener Eisenkern, die Induktionsrolle, um eine Achse drehen kann, welche, wie bereits erwähnt, am vorderen Ende den doppelarmigen Hebel a b trägt.

Das Gemisch von karburirter Luft und frischer Luft, welch letztere durch das Rohr Q (Fig. 171), an welches sich ein Saugtopf anschliesst, angesaugt wird, tritt aus dem Ventilgehäuse V (Fig. 172), in welchem die Mischung beider Gase stattfindet, durch das beim Ansaugen sich selbstthätig öffnende Ventil W in den Cylinder ein. Ueber demselben befindet sich eine durch den Deckel x verschlossene Oeffnung, durch welche das Ventil W eingesetzt, und jederzeit leicht nachgesehen, gereinigt oder ausgewechselt werden kann. Das Auslassventil e sowie der zu seiner Bewegung dienende Mechanismus ist in Fig. 173 abgebildet. Auf der das Auslassventil steuernden Hülse sind zwei Nocken f und f′ befestigt, deren ersterer, wie aus Fig. 170 ersichtlich ist, breiter und länger als der letztere ist und für gewöhnlich zur Bewegung des Doppelhebels u und zum Oeffnen des Auslassventils e dient. Um das Anlassen der Maschine jedoch zu erleichtern, wird während der Kompressionsperiode das Auslassventil vorübergehend etwas angehoben, sodass ein Theil der komprimirten Ladung wieder ausströmt, wodurch der Kompressionsdruck, also auch die Arbeit am Schwungrad beim Andrehen der Maschine kleiner wird. Zu diesem Zwecke wird die mit dem Nocken f arbeitende Rolle auf ihrem, am Ende des Hebels u befestigten Drehzapfen soweit nach rechts verschoben (Fig. 170), dass sie von dem Nocken f′ während der Kompressionsperiode niedergedrückt

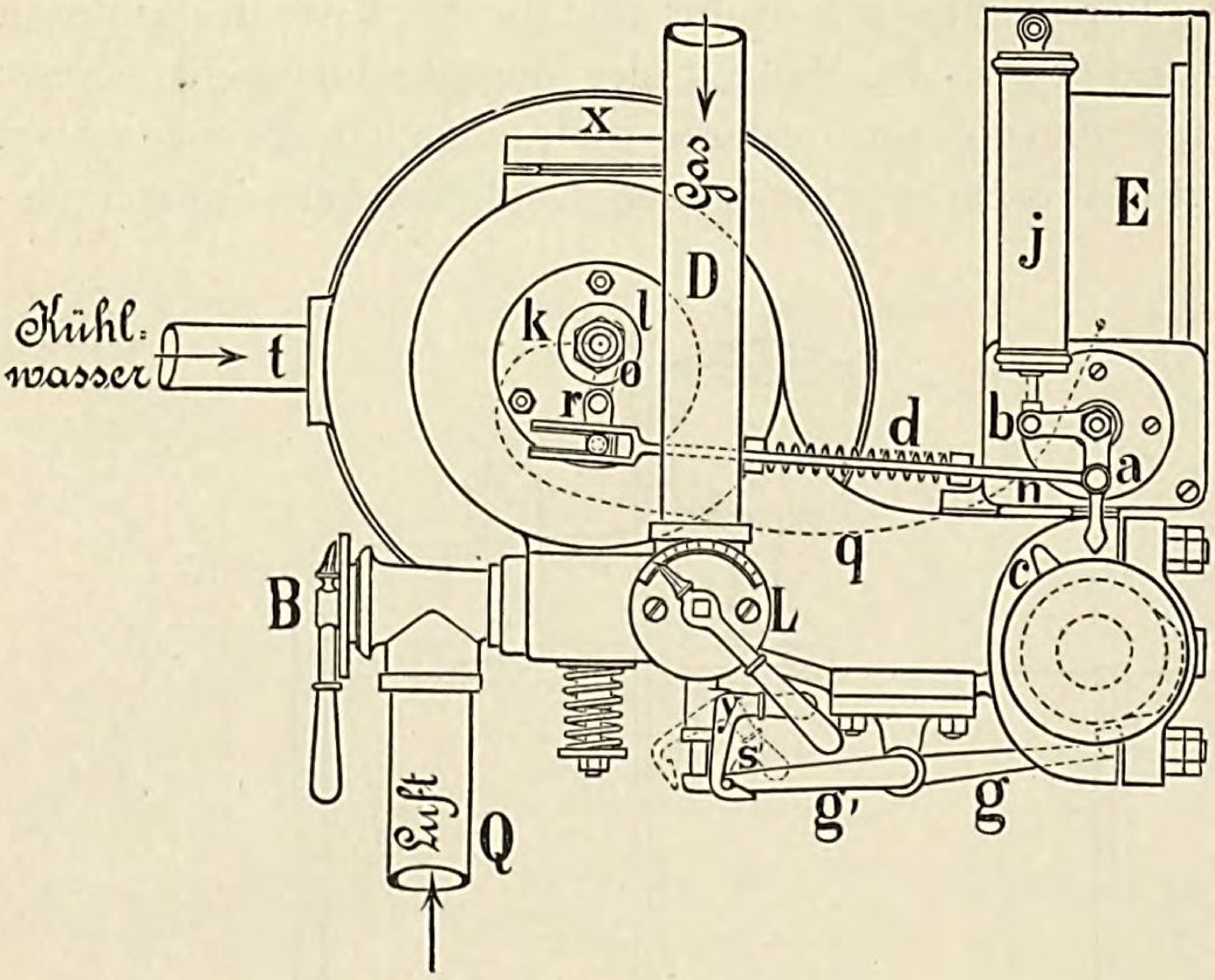


Fig. 171.

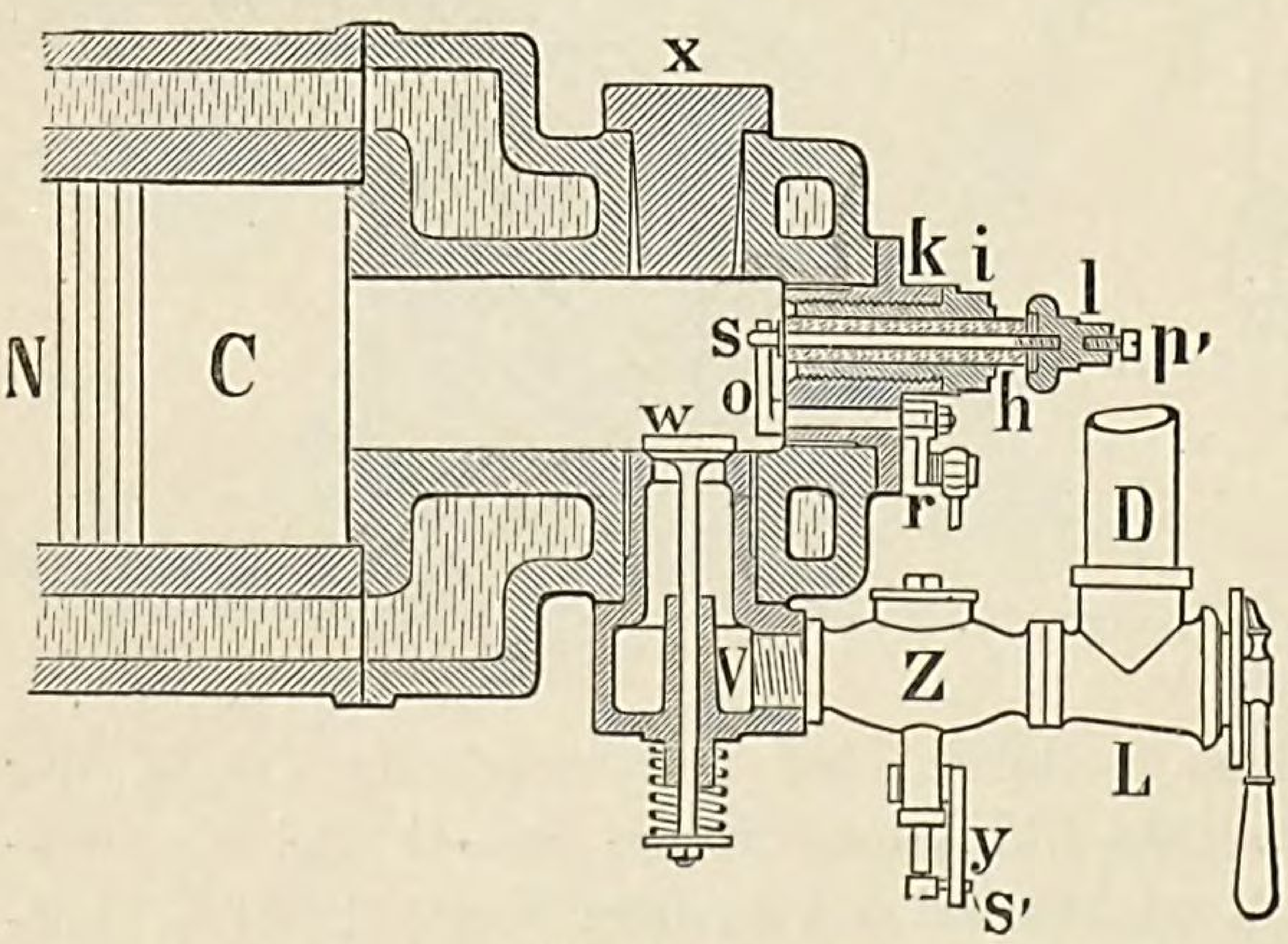


Fig. 172.

wird. Ist die Maschine im Gang, so wird die Rolle wieder nach links zurückgeschoben.

Der Karburirapparat der Otto'schen Benzinmotoren ist in den Figuren 174—176 dargestellt und besteht aus einem gusseisernen, luftdicht verschlossenen Gefäss A, in welches das zu vergasende Benzin oder ein anderer leichtflüchtiger Kohlenwasserstoff durch einen Hahn L′ im Deckel eingefüllt wird, wobei der Hahn L″ zu öffnen ist, damit die im Gefäss befindliche Luft entweichen kann. Nach dem Füllen werden die Hähne L′ und L″ wieder geschlossen.

Die Menge der im Gefäss befindlichen Flüssigkeit wird durch einen Schwimmer S′ angezeigt. Der Gaserzeuger ist mit dem Gasmotor durch eine

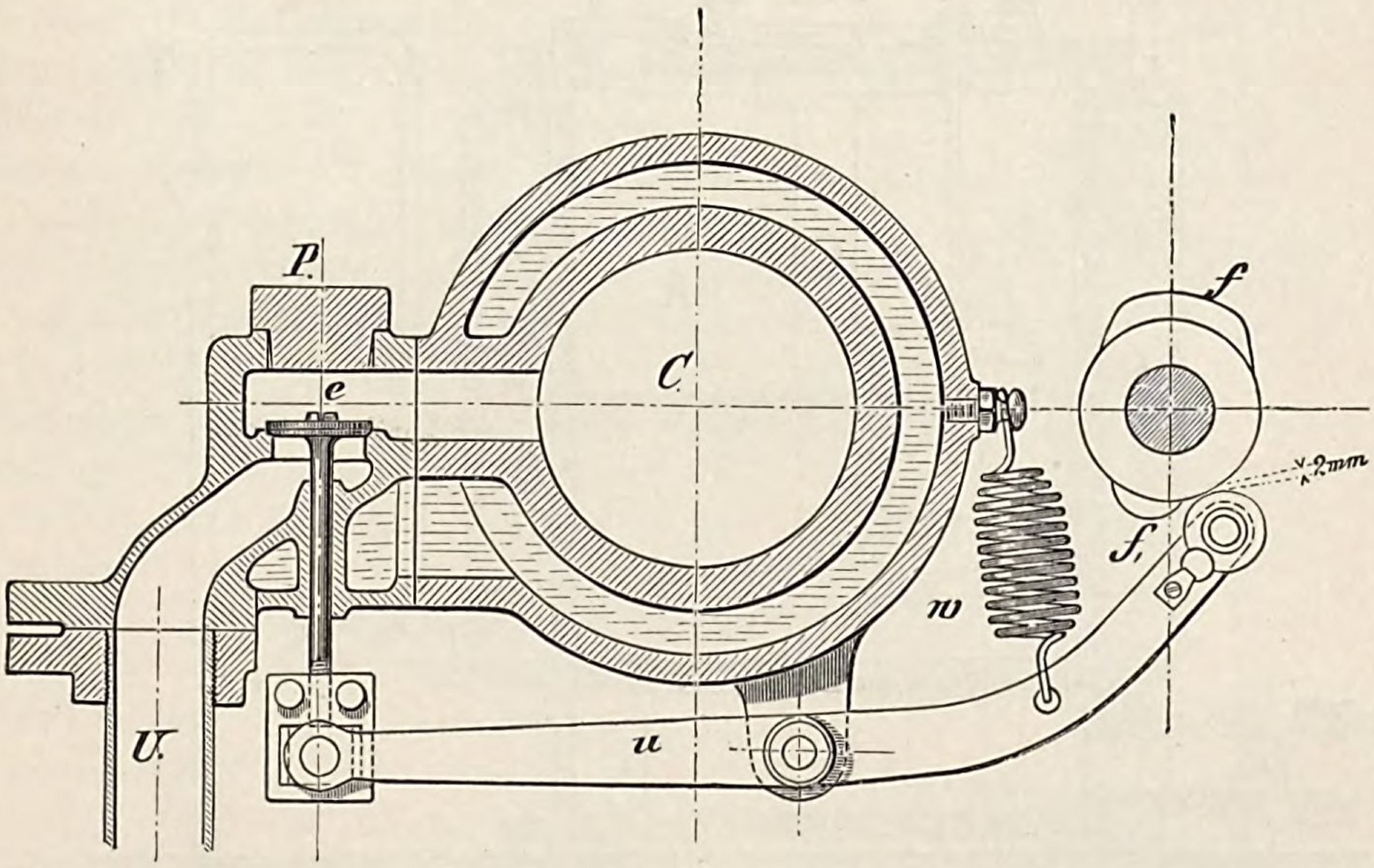


Fig. 173.

Rohrleitung D verbunden, in welche der gusseiserne Kiestopf F und das Rückschlagventil G eingeschaltet sind. Tritt nun im Arbeitscylinder die Ansaugperiode ein, so erzeugt der Kolben in der Leitung D und dadurch zugleich in dem Behälter A eine Luftverdünnung.

In Folge dessen tritt bei B′ durch das Rohr C und den Lufthahn C′ von aussen Luft in den Benzinbehälter.

Das Rohr C taucht mit seinem brausenartig erweiterten Ende in das Benzin des Gefässes A ein. Es muss somit die Luft das Benzin in fein vertheilten Bläschen durchstreichen, wodurch sie sich mit den Dämpfen desselben sättigt.

Das so gebildete Benzingas gelangt durch die Rohrleitung D nach dem Einströmungshahn L des Motors (Fig. 172). Die vom Motor abziehenden Verbrennungs-

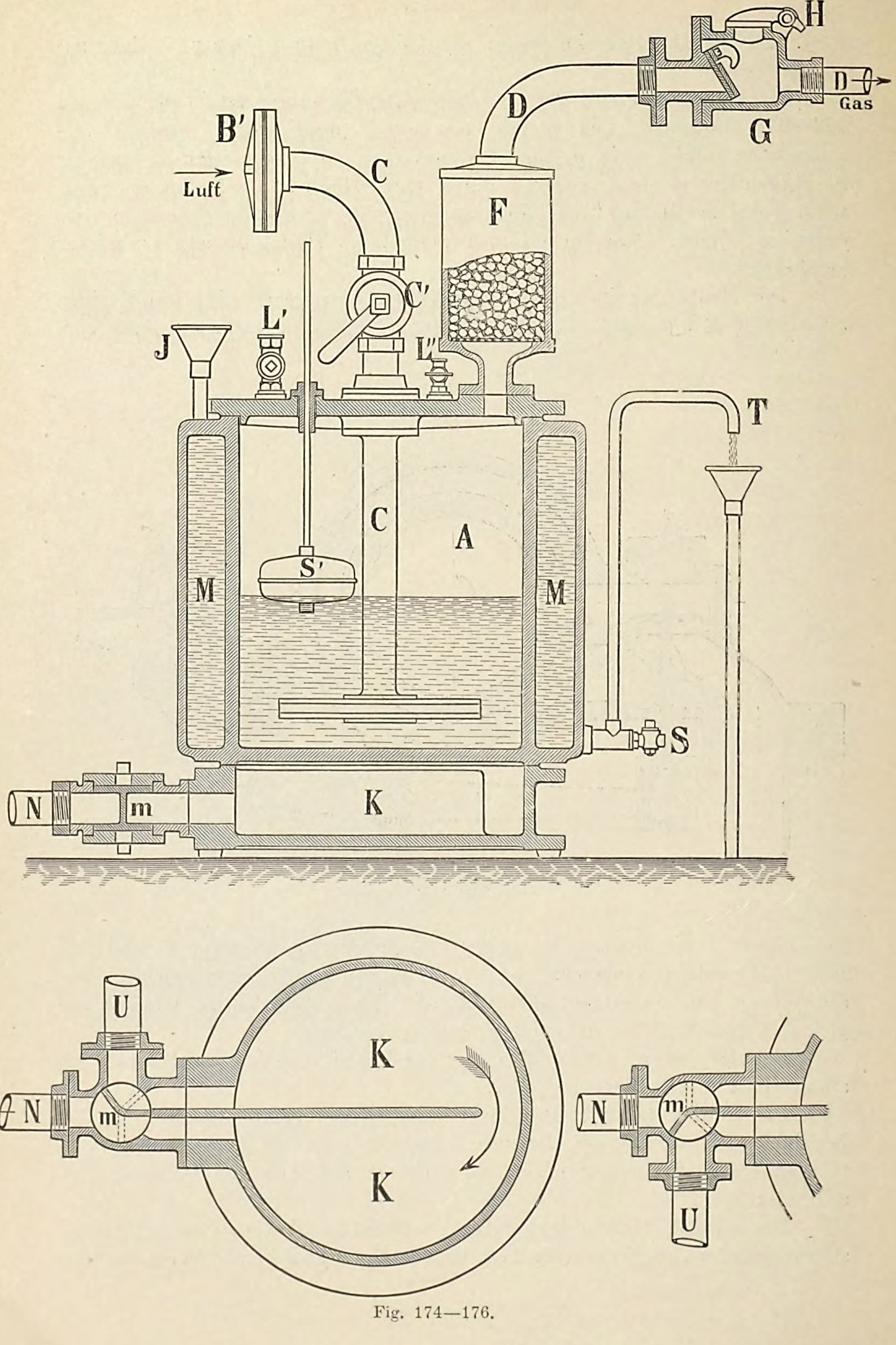


Fig. 174—176.

gase treten durch das Rohr U, den Dreiweghahn m und den Untersatz K ins Freie.

Wird der Hahn m (Fig. 175 und 176) in die punktirt gezeichnete Stellung gebracht, so entweichen die Verbrennungsprodukte direkt durch N nach aussen, ohne den Untersatz K passirt zu haben. Somit kann man je nach Stellung des Hahnes m den Strom der warmen Verbrennungsprodukte ganz, theilweise oder gar nicht unter dem Gaserzeuger herleiten und dadurch die Gasentwickelung reguliren.

Wenn beim Anlassen des Motors, namentlich im Winter, in Folge der im Gaserzeuger herrschenden niedrigen Temperatur, die Gasbildung eine ungenügende sein sollte, so kann man durch heisses Wasser, das man in den, den Apparat umgebenden Mantel M giesst, das Benzin erwärmen. Ausserdem kann man auch bei kalter Witterung und bei direkter Wasserkühlung des Motorencylinders das aus dem Cylindermantel ablaufende warme Kühlwasser ganz oder zum Theil durch den erwähnten Mantel abführen und dadurch die Verdunstung des Benzins befördern.

Das Wasser wird durch den Trichter J in den Mantel des Gefässes eingeführt und tritt bei T aus. Durch den Ablasshahn S kann der Mantel ganz entleert werden, was namentlich bei Frost erforderlich ist.

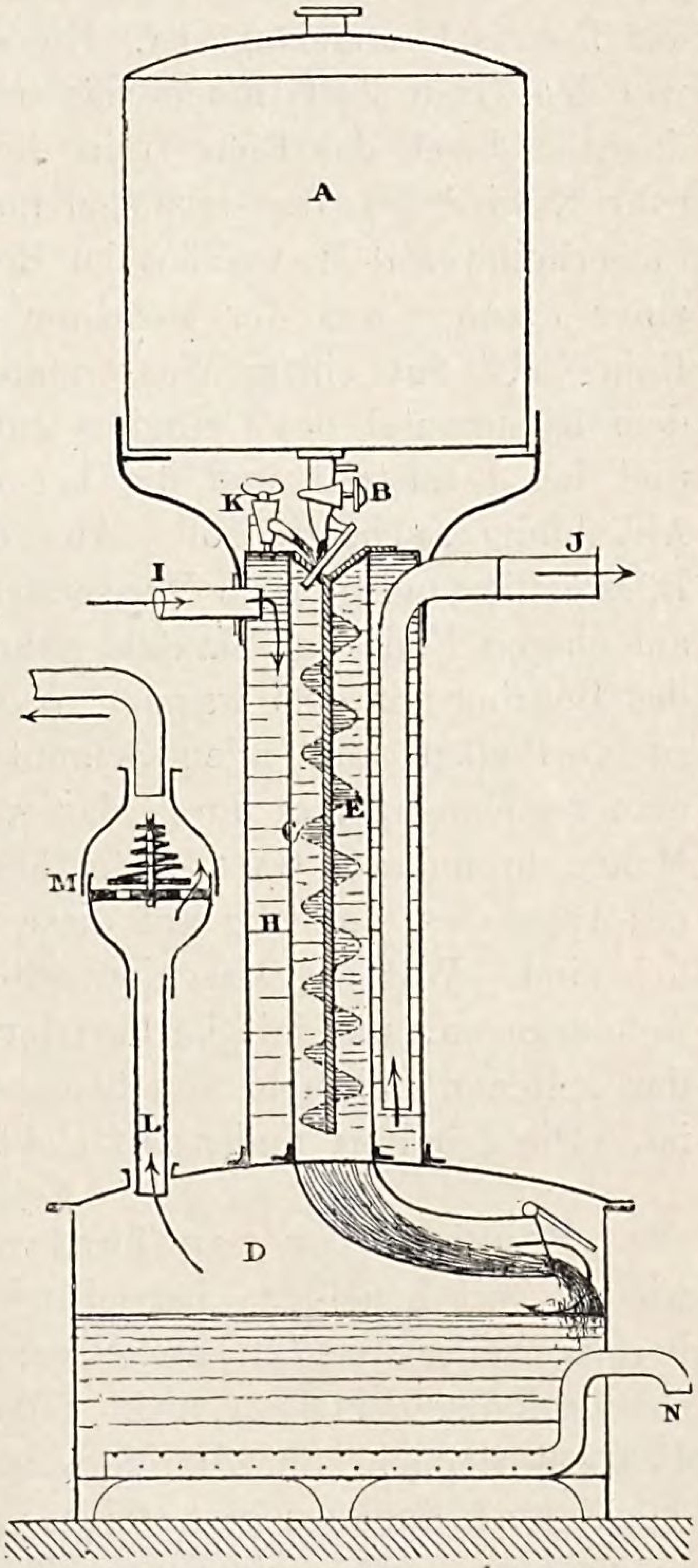


Fig. 177.

Der Simplexmotor. Wie bereits erwähnt, giebt dieser Motor, welcher mit Leuchtgas vorzüglich arbeitet, auch sehr gute Resultate bei seinem Betriebe mit minderwerthigen Gasen. Um denselben mit karburirter Luft zu betreiben, hat sein Erfinder kürzlich eine höchst originelle Konstruktion des Karburirapparates (Fig. 177) ersonnen. Derselbe besteht aus einem Rohr C, welches am oberen Ende mit der äusseren Luft, am unteren mit einem Reservoir D in Verbindung steht, auf welchem es befestigt ist. Im Innern des Rohres befindet sich eine schraubenförmig gestaltete Bürste E, während ein über dem Rohr C angebrachter und von letzterem getragener Behälter A eine bestimmte Menge der Brennflüssigkeit enthält. Durch einen Hahn B fliesst

dasselbe in einem feinen Strahl auf die Bürste, während gleichzeitig ein dünner Strahl warmen Wassers auf dieselbe fliesst. Durch ein Rohr L steht der Apparat mit dem Motor in Verbindung. Im Moment des Ansaugens wird Luft durch das Rohr C hindurchgesaugt. Bevor dieselbe jedoch in die Maschine gelangt, ist dieselbe gezwungen, langsam mit der Mischung von Benzin und Wasser nieder zu sinken, und ist der Zufluss des ersteren so geregelt, dass die Luft vollkommen gesättigt ist, sobald sie am unteren Ende des Rohres C angelangt ist. Hierauf findet noch eine Trennung des Wassers von dem Gase statt, indem das erstere im Behälter D niederfällt, das letztere dagegen durch das Rohr L in die Maschine gelangt. Durch ein Ueberlaufrohr N wird der Wasserspiegel im Gefäss D konstant erhalten, während ein Sicherheitsventil M, welches im Rohr L angebracht ist, jedes Zurückschlagen einer Flamme aus der Maschine in den Karburirapparat verhindert. Das Rohr C ist mit einem Wassermantel H umgeben, in welchem warmes, aus dem Kühlmantel des Cylinders entnommenes Wasser cirkulirt, bei I eintritt und bei J austritt und die bei der Verdunstung des Benzins entstehende Abkühlung aufheben soll. Aus diesem Mantel H wird auch der auf die Bürste fliessende dünne Wasserstrahl entnommen, indem derselbe durch den am oberen Ende des Mantels aufgesetzten Hahn K ausfliesst. Die Mischung des Benzins mit dem warmen Wasser hat den Zweck, das erstere sehr fein zu vertheilen und allen Schmutz aus ihm zu entfernen. Zwar könnte man annehmen, dass durch das warme Wasser auch gleichzeitig eine gewisse Menge brennbarer Gase fortgeführt wird, indessen behauptet der Erfinder des Apparates, dass die auf diese Weise entstehenden Verluste sehr unerheblich sind. Was die Maschine selbst anbetrifft, so bedarf dieselbe keinerlei Aenderungen, um mit karburirter Luft betrieben zu werden, und ist eines der seltenen Beispiele von Schiebermaschinen, bei welchen dies ausführbar ist. Die Zündung findet auf elektrischem Wege statt.

Benzinmotor von Tenting. Die Maschine ist genau so konstruirt, wie die mit Leuchtgas betriebene und mit elektrischer Zündung versehene, bereits früher (S. 172) beschriebene Maschine von Tenting, weshalb auf die Beschreibung derselben nicht näher eingegangen zu werden braucht. Figur 178 soll vielmehr nur die Verbindung der einzelnen zur Zündung dienenden Theile untereinander klar stellen und die Aufstellung eines mit Benzindämpfen betriebenen, mit getrenntem Karburirapparat versehenen Motors zeigen. A′ zeigt den Cylinder, welcher bekanntlich von vertikalen, zur Abkühlung dienenden Kammern umgeben ist, indem, wie bereits erwähnt, die Tenting-Motoren bis zu 4 PS. keine Wasserkühlung besitzen, und wohl die einzigen Maschinen dieser Art sind, welche noch bei so grossen Leistungen ohne Wasserkühlung arbeiten. B ist das auf dem Sockel B′ ruhende Gestell der Maschine, an welchem der Cylinder freitragend befestigt ist.

Wie Fig. 178 zeigt, liegen die galvanischen Elemente CC′ im Innern des Sockels, an welchem auch die Drahtspirale F durch eiserne Klammern F′ be-

festigt ist. Die beiden Elemente C und C′ sind untereinander verbunden, während von den Polen e und e′ Drähte nach den Klemmen h und h′ der Induktionsspirale führen. Die beiden Klemmen i und i′ der Sekundärspirale sind einmal durch den Draht k und die äusseren Träger F′ mit der Maschine, andererseits mit der isolirten, auf der Maschine befestigten metallenen Säule Z verbunden. Von letzterer führt ein Draht zu der isolirten Schraube G der Zündvorrichtung der Maschine, während die gleichfalls an der Säule Z befestigte Feder Y sich gegen die auf der Steuerwelle befestigte Scheibe u legt. Der seitlich von der Maschine aufgestellte Karburirapparat besteht aus den drei Theilen I, J und Q. Der erstere ist ein Behälter, welcher den eigentlichen Karburirapparat J mit Flüssigkeit speist und eine, für ungefähr eine Tages-

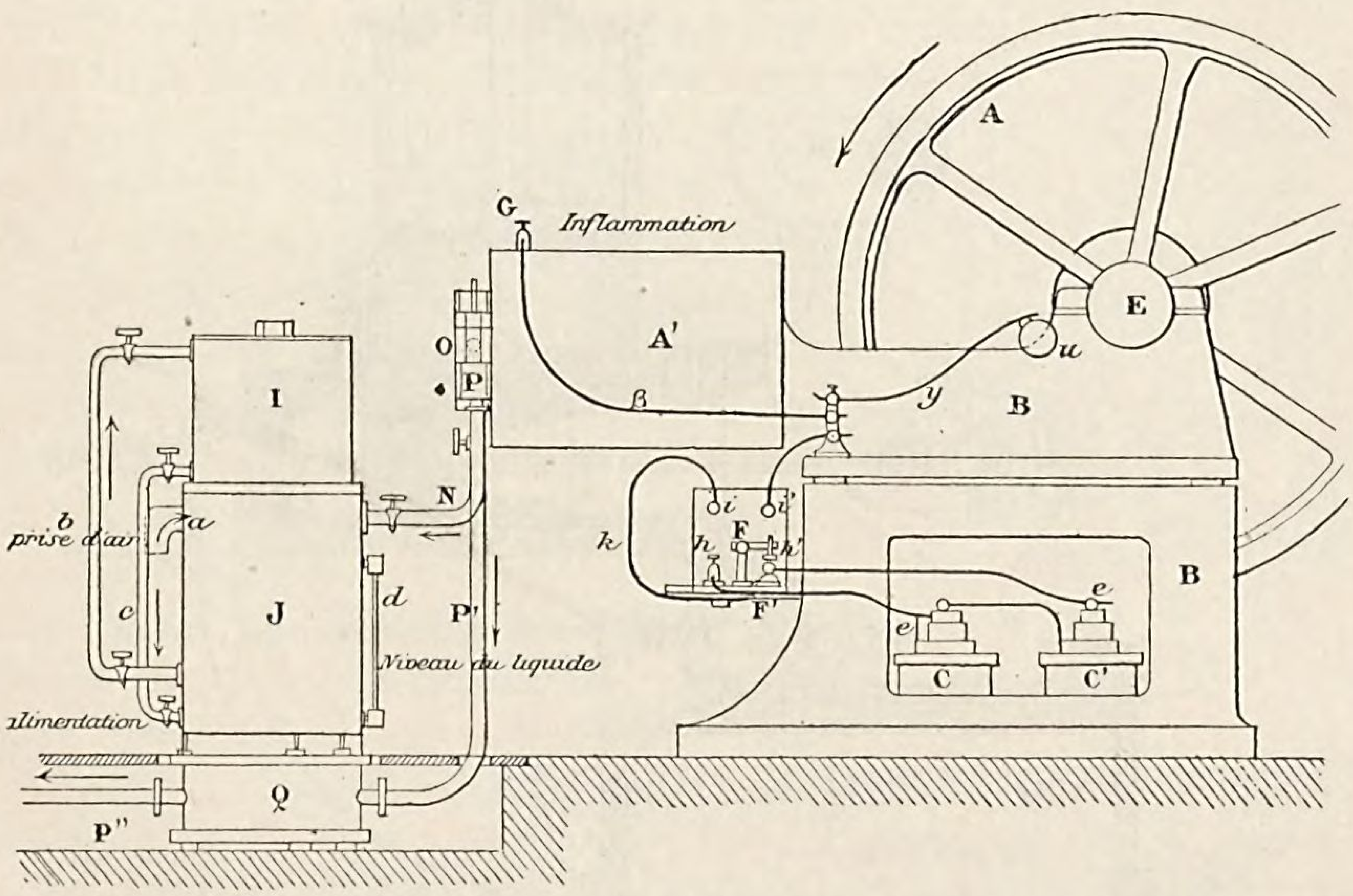


Fig. 178.

leistung ausreichende Füllung enthält. Von den, die beiden Behälter I und J miteinander verbindenden Röhren c und b dient das erstere dazu, den Karburirapparat mit Flüssigkeit zu füllen, das letztere die Oberfläche in dem Apparat auf konstanter Höhe zu erhalten, wovon man sich durch ein Wasserstandsglas d überzeugen kann. Die während der Saugperiode von der Maschine angesaugte Luft tritt durch die Oeffnung a in den Karburirapparat ein und durch das Rohr N in die Maschine. Der unterste Theil Q des Apparats dient als Auspufftopf der Maschine. Die durch das Ventil P am Cylinder ausströmenden Gase gelangen durch das Rohr P′ nach Q und durch das Rohr P″ in's Freie. Die Anwendung dieses Auspufftopfs genügt, um die durch die Verdunstung der Brennflüssigkeit bewirkte Abkühlung auszugleichen. Bezüglich der Abmessungen etc. dieser Maschinen sei auf die Tabelle der mit Leuchtgas betriebenen Maschinen dieses Systems (S. 174) verwiesen.

Benzinmotor von Durand. Der Durand'sche Motor giebt zwar auch beim Betriebe durch Leuchtgas befriedigende Resultate, ist jedoch besonders für den Betrieb durch karburirte Luft ausgebildet worden, da der Erfinder beabsichtigte, seinem Motor namentlich das Land und solche Orte, in welchen kein Steinkohlengas vorhanden ist, zu erobern. Um seine Maschine diesen besonderen Verhältnissen anzupassen, ging sein Bestreben dahin, einen möglichst kräftigen, jedoch eine geringe und leichte Wartung erfordernden Motor zu bauen. Wie die folgende Betrachtung zeigen wird, hat der Erfinder diese vielen Bedingungen äusserst glücklich gelöst. Zunächst bietet der in

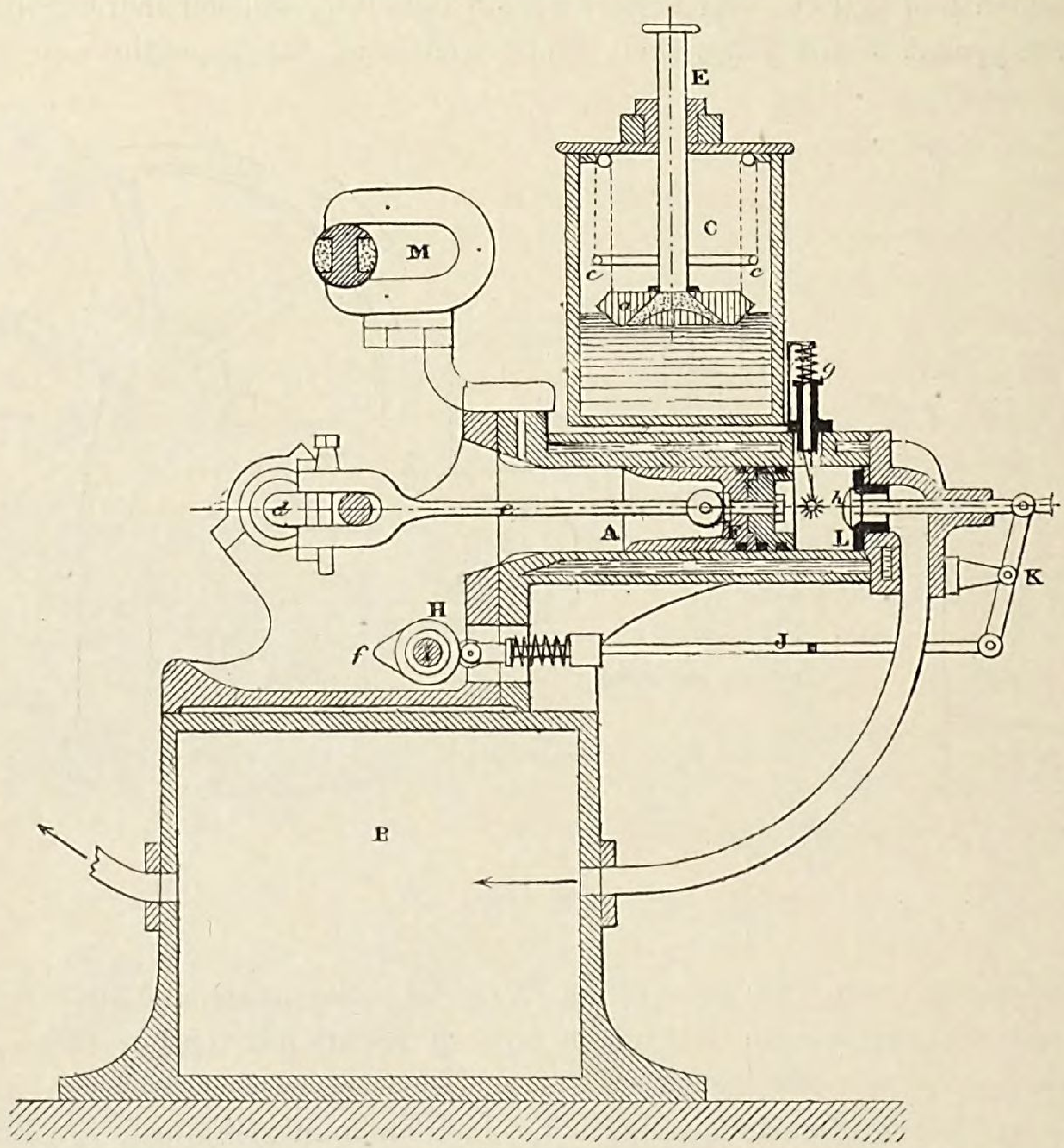


Fig. 179.

Fig. 179 dargestellte Karburirapparat eine besondere Eigenthümlichkeit. Anders als bei den früher erwähnten Apparaten werden in diesem Apparat nur die flüchtigsten Gase nutzbar gemacht, während die schweren Kohlenwasserstoffe sich am Boden des Apparates sammeln und mit Hülfe eines Ablasshahns entfernt werden können. Durand behauptet, dass der hierdurch verursachte Mehrbetrag der Betriebskosten durch den gleichmässigeren Gang der Maschine in Folge der fast unverändert gleichen Zusammensetzung des Gemisches wieder ausgeglichen werde. Der Karburirapparat besteht aus einem allseitig ge-

schlossenen Cylinder, welcher eine bestimmte Menge von Flüssigkeit vom specifischen Gewicht von 0,7 enthält. Auf der Oberfläche der Flüssigkeit befindet sich eine poröse Masse a, in deren Mitte ein Metallrohr E befestigt ist, welches durch den Deckel hindurchgeht und durch eine Stopfbüchse abgedichtet ist. Damit das Ganze auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmen kann, ist das Gewicht des Rohrs E durch ein Gegengewicht c ausgeglichen. Ein vom Deckel des Karburirapparates abgehendes Rohr b (Fig. 180) leitet die karburirte Luft zur Maschine. Der Karburirapparat ist über dem Cylinder der Maschine aufgestellt, so dass hierdurch die in Folge der Verdunstung der Brennflüssigkeit erfolgende Abkühlung durch die Nähe des Cylinders ausgeglichen wird. Ausserdem hat diese Anordnung den Vortheil, dass die karburirte Luft nur einen kurzen Weg zur Maschine zurückzulegen hat und die ganze Anordnung sehr gedrängt ist. Während der Saugperiode strömt die durch das Rohr E eingesaugte Luft durch die am Boden des Karburirapparates befindliche Flüssigkeitsschicht und gelangt durch das Rohr b, welches mittelst eines Hahns abgeschlossen werden kann, in das Saugventil G. Hinter diesem trifft es mit einer bestimmten Menge frischer Luft zusammen, welche durch das Ventil S angesaugt wird, worauf die Mischung beider und das Einsaugen in den Cylinder A stattfindet, wo die Ladung komprimirt und entzündet wird. Der Cylinder ist, wie gewöhnlich, freitragend am Gestell B der Maschine befestigt, welches gleichzeitig als Auspufftopf dient. Der Kolben F überträgt seine Bewegung vermittelst einer Pleuelstange e auf die Kurbelwelle d. Dieselbe trägt ausser dem Schwungrad und der Riemenscheibe ein Stirnrad und zwei andere kleine Scheiben. Das Stirnrad greift in ein zweites, doppelt so grosses Stirnrad auf einer Hülfswelle I ein, von welchem die Steuerungsorgane bewegt werden. Auf derselben sitzt im Innern des Gestells ein Nocken f, welcher vermittelst der Stange J und des Hebels K das Auslassventil L bewegt Das Anlassen der Maschine wird vermittelst eines zweiten, auf derselben Hülse H sitzenden, jedoch dem ersteren Nocken diametral gegenüber angebrachten Nockens bewirkt. Da die Hülse H vermittelst eines Hebels auf der Welle verschoben werden kann, so lässt sich beim Anlassen die Kompression durch Oeffnen des Auslassventils verringern und das Anlassen erleichtern. Das Gasventil G wird durch eine Stange l geöffnet, welche durch einen dritten Nocken bewegt wird, der am äusseren Ende der Welle I sitzt und auf den Hebel m und die gekrümmte Stange n wirkt (Fig. 180). Die Regulirung geschieht sehr einfach durch die um den Punkt o drehbare Stange n, welche an ihrem Ende drei verschieden lange Ansätze hat und durch einen Regulator R gedreht werden kann.

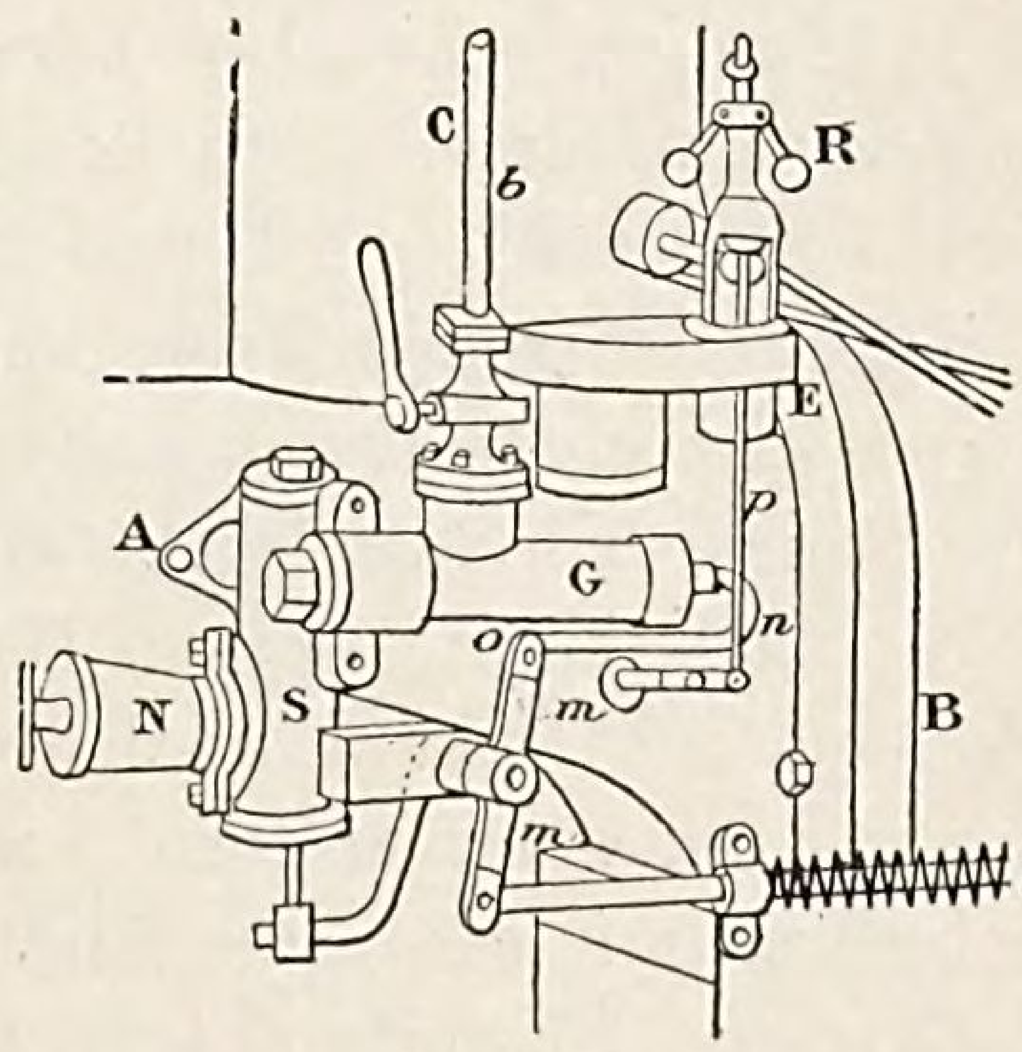


Fig. 180.

Je nachdem nun der eine oder andere dieser Ansätze mit der Stange des Gasventils in Berührung kommt, wird letzteres mehr oder weniger lang geöffnet, so dass eine grössere oder geringere Gasmenge einströmt, welche der Geschwindigkeit der Maschine umgekehrt proportional ist. Steigt jedoch die Tourenzahl der Maschine über einen gewissen Betrag, so wird die gekrümmte Stange n soweit gedreht, dass dieselbe überhaupt auf das Gasventil nicht mehr einwirkt und die Gaseinströmung vollkommen unterbrochen wird. Durch den Hahn N kann die Menge der angesaugten Luft regulirt werden. Das weitaus Interessanteste und Bemerkenswertheste dieser Maschine ist jedoch die Zündung derselben. Ausgehend von der Absicht, eine möglichst einfache und praktische Maschine zu schaffen, hat der Erfinder den elektrischen Funken zu benutzen, dabei jedoch die Elemente und die Drahtspule zu sparen und eine möglichst wenig empfindliche Zündung zu schaffen gesucht.

Zu diesem Zweck wendet derselbe einen Magnet M (Fig. 179) an, welcher von der Maschine selbst mittelst einer der beiden auf der Antriebswelle sitzenden Scheiben bewegt wird und nur wenig Kraft verbraucht. Der Funke entsteht durch Stromunterbrechung, indem durch eine vertikale Stange g, welche vermittelst einer Feder gegen die Zähne eines im Verdichtungsraum liegenden Rädchens h angedrückt wird, der Strom geschlossen ist. Dieses Rädchen h wird nach jeder zweiten Umdrehung der Maschine plötzlich gedreht. Im Moment der Drehung werden die beiden aufeinander reibenden Spitzen momentan von einander entfernt, worauf zwischen denselben ein durch die Stromunterbrechung erzeugter Funke überspringt, während nach der wiedererfolgten Berührung der Spitzen der Strom wieder geschlossen wird. Der Vortheil dieser Neuerung liegt nicht bloss in der Vermeidung der Elemente und der Drahtspule und ihrem Ersatz durch einen von der Maschine selbst getriebenen magnetelektrischen Apparat, sondern hauptsächlich in der höchst praktischen und neuen Art und Weise der Stromunterbrechung. In Folge dieser Konstruktion wird die Betriebssicherheit beträchtlich vergrössert, indem ein Verrosten der Spitzen und ein hierdurch bewirktes Versagen der Zündung nicht zu befürchten ist, da sich die Spitzen durch das fortwährende Aufeinanderreiben gegenseitig reinigen. Die Durand'sche Maschine hat einen sehr gleichmässigen, geräuschlosen Gang, sowohl wenn dieselbe mit Leuchtgas als auch wenn sie mit Benzingas betrieben wird. Trotz der durch die Eigenart des Karburirapparates bedingten Gasverluste soll der Verbrauch an Brennstoff nach Angabe des Erfinders nicht mehr als 0,6 Liter Flüssigkeit von einem specifischen Gewicht von 0,7 für ein effektives Stundenpferd betragen.

Tabelle der horizontalen, eincylindrischen Durand'schen Benzinmotoren.

Leistung in effektiven PS:		1/2	1	2	3	4	6	8	10
Abmessungen in m	Länge:	1,43	1,71	2,07	2,26	2,51	2,85	3,15	3,46
	Breite:	0,60	0,72	0,86	1,02	1,13	1,26	1,39	1,53
Tourenzahl in der Minute:		200	190	180	170	160	150	140	130
Gewicht in kg:		675	875	1375	1775	2175	2875	3800	5000

Benzinmotor von Benz. Dieser Motor, welcher mit dem Otto'schen Benzinmotor gewisse Aehnlichkeit besitzt, unterscheidet sich vollständig von der früher beschriebenen Benz'schen Maschine. Die letztere arbeitet zwar gleichfalls mit karburirter Luft sehr vortheilhaft, indessen soll im Folgenden nur der neue Motor, welcher nicht bei jeder, sondern nur bei je zwei Umdrehungen eine Explosion besitzt und daher zur ersten Gruppe der zweiten Klasse gehört, besprochen werden. Bei demselben ist der Cylinder A (Fig. 181) freitragend am Gestell befestigt, während die Kolbenstange in einem Kreuzkopf endigt, von welchem durch eine Pleuelstange die Bewegung auf die mit dem Schwungrad und der Antriebscheibe versehene Kurbelwelle übertragen wird. Eine parallel zur Cylinderachse liegende, halb soviel Umdrehungen als die Antriebswelle ausführende und von letzterer durch zwei ungleich grosse, mit

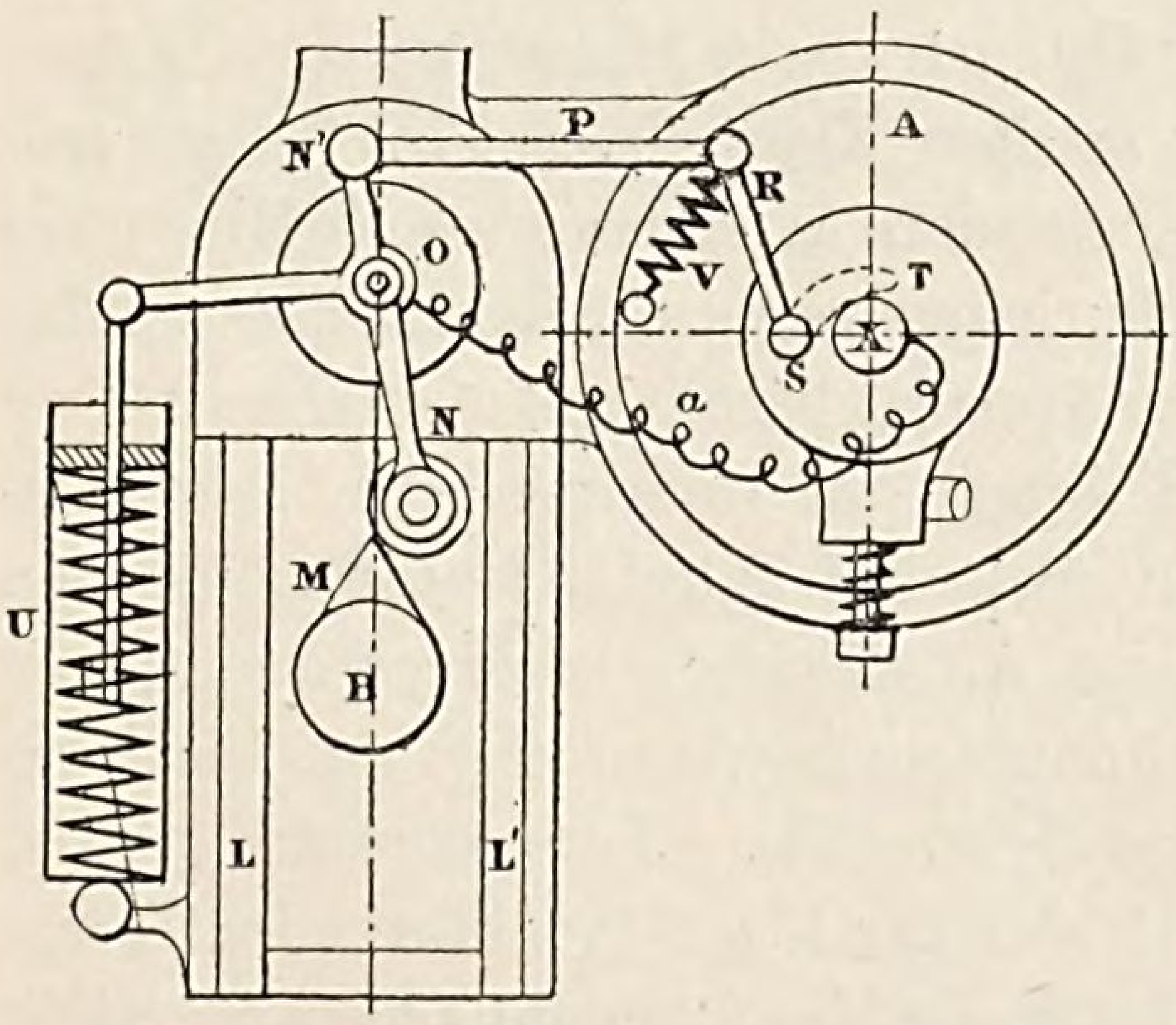


Fig. 181.

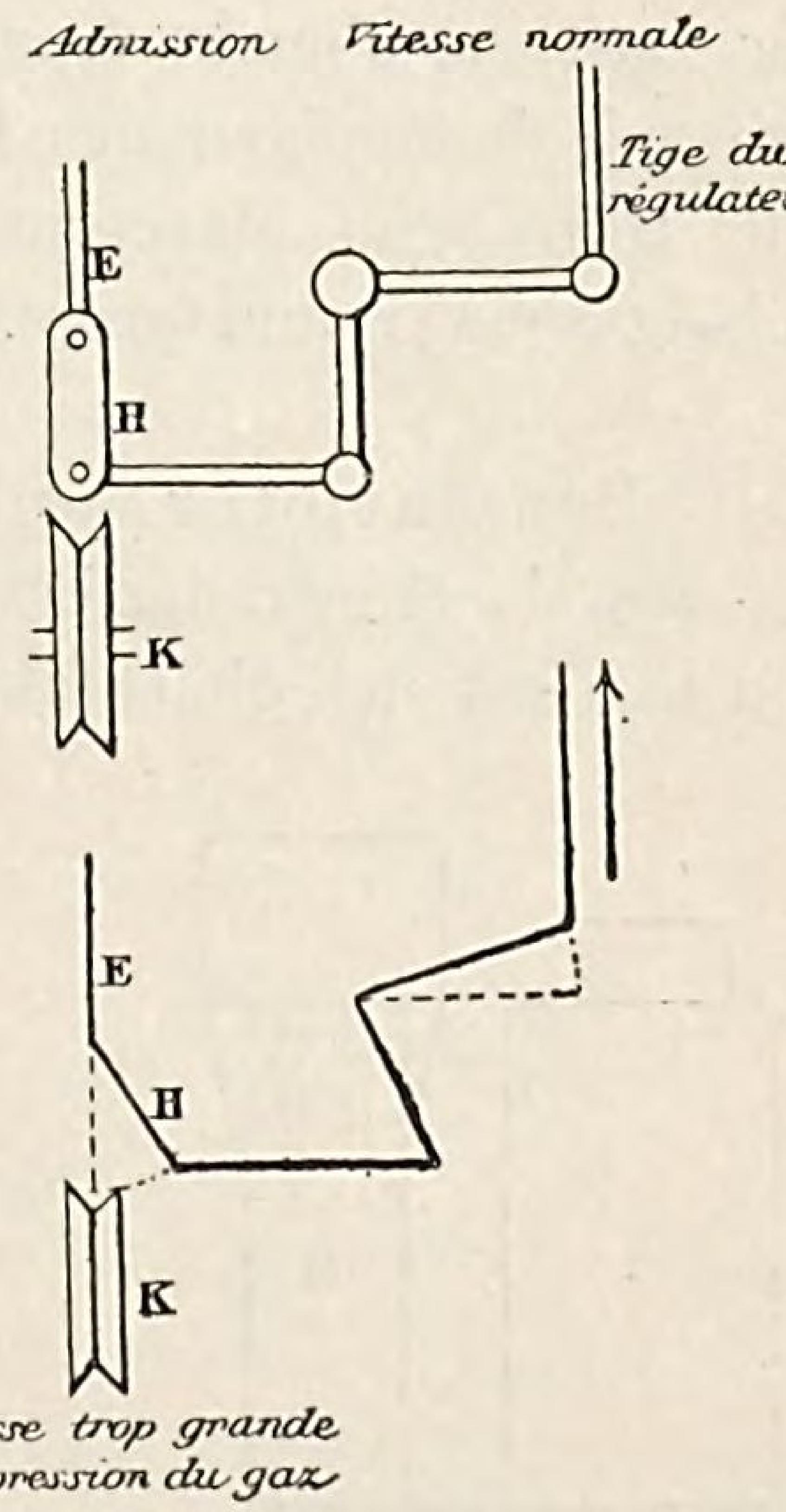


Fig. 182 u. 183.

schraubenförmigen Zähnen versehene Zahnräder angetriebene Hilfswelle B dient zum Antrieb aller Steuerungsorgane und der Zündvorrichtung. Das Ansaugen der Ladung erfolgt durch ein mittelst eines Nockens und Hebels bewegtes Ventil. Die Regulirung geschieht durch Aussetzung der Gaszuströmung, und trägt zu diesem Zwecke die Ventilstange E des Gasventils (Fig. 182 u. 183) am untern Ende eine kleine Lasche H, welche durch den Regulator verstellt werden kann. Wird die Geschwindigkeit der Maschine zu gross, so verschiebt sich diese Lasche soweit, dass dieselbe von dem Hebel K nicht mehr berührt und das Gasventil E nicht mehr geöffnet wird, also kein Gas einströmt. Die Zündung erfolgt durch einen elektrischen Funken, welcher durch einen, dem eben besprochenen Otto'schen Apparat ähnlichen Apparat erzeugt wird, dessen Mechanismus jedoch etwas anders

gestaltet ist (Fig. 181). Der Apparat ist seitlich vom Cylinder A angebracht. Das äussere Ende der Hülfswelle B tritt durch den von den Armen des Magneten LL′ gebildeten Zwischenraum hindurch. Die Welle trägt einen Nocken M, welcher in einem bestimmten Moment auf das eine Ende des Hebels N schlägt, der auf der Welle der Spule O befestigt ist und letztere hierdurch in Umdrehung versetzt. Das andere Ende des Hebels, N′, greift mittelst der Stange P am Hebel R an, welcher seinerseits auf einer in's Innere des Cylinders führenden kleinen Welle S sitzt, welche im Innern die, den isolirten Zapfen X für gewöhnlich berührende Zunge T trägt. Die Federn U und V ziehen den ganzen Mechanismus nach beendigter Zündung in seine Anfangsstellung zurück. Der Zünder ist in der Mitte des Cylinders befestigt und sehr leicht zu entfernen. Durch den Draht α ist der positive Pol der Drahtspule mit der isolirten Zündschraube verbunden. Der auf der Saugwirkung der Luft beruhende Karburirapparat dieser Maschine zeigt einige Aehnlichkeit mit demjenigen des Tentingmotors und bietet nichts Erwähnenswerthes. Die Benz'sche Maschine arbeitet zufriedenstellend, ist jedoch verhältnissmässig schwer und gross.

Benzinmotor von Daimler. Der Daimler'sche Motor, welcher bereits bei den Maschinen der ersten Gruppe der zweiten Klasse (s. S. 175) besprochen wurde, lässt sich gleichfalls ohne irgend eine andere Aenderung als die Hinzufügung eines Karburirapparates mit Benzindämpfen betreiben. Dieser Apparat beruht auf der Saugwirkung der Luft und ähnelt im Uebrigen dem Durand-schen Apparat, jedoch trägt der Motor selbst den Karburirapparat A, welcher auf einer am untern Ende des Cylinders befestigten eisernen Platte D angebracht ist (Fig. 184). Am oberen Ende ist derselbe durch die zur Maschine führenden Rohre gehalten, wodurch die Maschine einfach wird, leicht aufzustellen ist und ausserdem die Nähe der Cylinder den Einfluss der Abkühlung bei der Verdampfung des Benzins und denjenigen der Aussenluft ausgleicht. Wie bei den früher besprochenen Maschinen erfolgt die Zündung auch hier durch ein Glührohr, dessen Erwärmung durch zwei kleine, mit Benzin gespeiste Flammen bewirkt wird. Eine vom Boden des Benzinbehälters ausgehende Rohrleitung mündet zu diesem Zweck unter den Lampen. Die Leitung enthält eine kleine Oeffnung und trägt im Innern einen kupfernen Docht. Beim Anlassen der Maschine spielen diese Rohre die Rolle gewöhnlicher Lampen und es ist leicht, sie anzuzünden und das Glührohr dadurch zu erwärmen. Nach kurzer Zeit verdampft jedoch das im Dochthalter enthaltene Gasolin in Folge der Nachbarschaft des Glührohrs und es wird hierdurch eine wirkliche Gasflamme

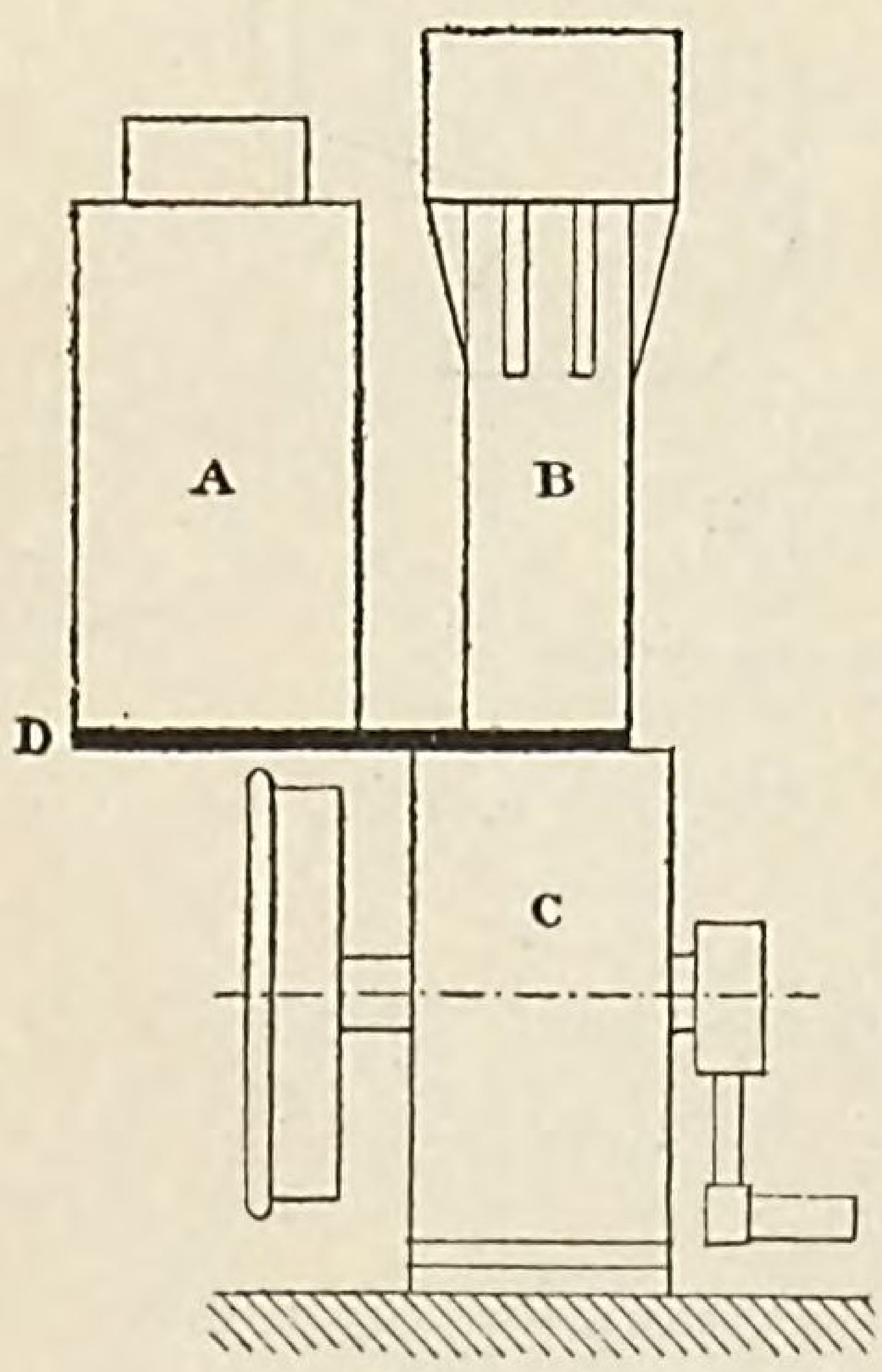


Fig. 184.

erzeugt. Der Daimler'sche Motor geht bei grosser Geschwindigkeit verhältnissmässig gleichmässig, jedoch ziemlich geräuschvoll, ist dafür aber in Folge seines geringen Gewichtes und geringen Raumbedarfs für zahlreiche Anwendungen sehr geeignet.

Allgemeine Bemerkungen über die mit gewöhnlichem Lampenpetroleum betriebenen Maschinen oder Petroleummotoren.

Bei den vorbesprochenen Benzinmotoren, bei welchen sehr flüchtige Kohlenwasserstoffe angewandt werden, genügt im Allgemeinen das Durchstreichen der Luft durch eine Flüssigkeitsschicht, um dieselbe zu karburiren. Wie bereits erwähnt, erfordert die Anwendung von gewöhnlichem Petroleum ein Zerstäuben oder Verdampfen desselben, damit eine innige Mischung mit Luft und die Bildung eines brennbaren Gases möglich wird. Das erste der beiden Verfahren ist jedoch wenig angewandt und wird eine Ausführung desselben bei der Beschreibung des Braytonmotors besprochen werden, während das zweite Verfahren meistens angewandt wird, bei welchem die Verdampfung des Petroleums in einem von aussen durch die Abgase der Maschine erwärmten Gefäss erfolgt, dessen Form eine sehr mannigfaltige sein kann. Meistens ist dasselbe von der Maschine getrennt aufgestellt und nur durch ein Rohr mit ihr verbunden. Bei dieser Anordnung kann ein Petroleummotor, nachdem der Verdampfungsapparat entfernt ist, genau wie ein nur für den Betrieb durch Leuchtgas konstruirter Motor mit letzterem betrieben werden. Ausser dem Karburirapparat erfordert jedoch ein Petroleummotor noch einen Petroleumbehälter, welcher mit ersterem in Verbindung steht, sowie einige andere, noch näher zu erwähnende Theile. Die Maschinen selbst unterscheiden sich von den Gasmaschinen für Leuchtgasbetrieb gar nicht weiter. Sie arbeiten meistens mit Kompression und gehören daher gewöhnlich der ersten Gruppe der zweiten Klasse an. Ihre Zündung erfolgt entweder durch Glührohre oder elektrisch. Die letztere der beiden Zündungsarten scheint immer mehr Aufnahme zu finden, indessen hat dieselbe den Nachtheil grösserer Empfindlichkeit, namentlich bei den mit gewöhnlichem Lampenpetroleum arbeitenden Maschinen, bei welchen häufig Kondensation der Dämpfe stattfindet. Dagegen ist die Zündung durch äusserlich oder innerlich erwärmte Glührohre bedeutend haltbarer, jedoch umständlicher und gefährlicher als die elektrische Zündung. Die Erwärmung des Glührohrs geschieht meistens durch Benzindämpfe, die Regulirung der Maschinen für gewöhnlich durch Regulirung der zu verdampfenden Petroleummenge. Als Abschlussorgane dienen Ventile, während zur Kühlung fast immer Wassercirkulation angewandt wird. Die Schmierung des Cylinders erfordert weniger Sorgfalt, als bei den anderen Gasmaschinen, da die aufeinander gleitenden Flächen durch die sich bildenden Niederschläge geschmiert werden. Der Gang der Petroleummotoren ist ziemlich gleichmässig, aber meist geräuschvoll, da man in denselben fast immer ein zischendes Geräusch hört, welches für sie ebenso charakteristisch ist, als der Geruch, den diese Maschinen während des Betriebs entwickeln. Das Anlassen eines

Petroleummotors ist im Allgemeinen umständlich, namentlich wenn gewöhnliches Lampenpetroleum angewandt wird. Im letzteren Fall muss der Vergaser, um die Erwärmung, welche während des Betriebs durch die Abgase erfolgt, auszuführen und die erste Petroleummenge zu verdampfen, durch eine Spirituslampe oder einen, durch Petroleum gespeisten Brenner erhitzt werden. In Folge dessen geschieht das Anlassen viel rascher und leichter, indem man für die ersten Umdrehungen Benzin statt Petroleum benutzt. Das gewöhnlich angewandte Petroleum hat ein specifisches Gewicht von ungefähr 0,8. Wie alle, durch karburirte Luft betriebenen Maschinen werden auch die Petroleummotoren vollständig komplet geliefert und erfordern keine besonderen Anlagen, weshalb sie überall aufgestellt werden können, zumal ihr Transport und die Aufbewahrung des flüssigen Brennstoffs sehr leicht ausführbar ist. Vor den Benzinmotoren haben sie den grossen Vorzug, durch einen viel leichter zu beschaffenden, weil überall käuflichen, viel billigeren und weniger feuergefährlichen Brennstoff betrieben zu werden, weshalb sie ungefährlicher als die Benzinmotoren sind, vorausgesetzt, dass sie weder für das Anlassen, noch für die Zündung Benzin benutzen, da sie im letzteren Falle die Nachtheile beider Gattungen in sich vereinigen. Die Petroleummotoren sind neueren Datums, weshalb sie auch noch nicht genügend vervollkommnet sind, indessen werden sie in Folge ihrer grossen Vorzüge, welche sie vor den Benzinmotoren besitzen, fortgesetzt verbessert.

Beschreibung einiger Petroleummotoren.

Der Readymotor von Brayton. Dieser, ungefähr im Jahre 1873 in Amerika erfundene Motor hat sich erst drei Jahre später in die Praxis eingeführt. Trotzdem ist er der erste wirklich brauchbare Petroleummotor gewesen und besitzt aus diesem und verschiedenen andern Gründen gewisses Interesse. Vor allen Dingen ist er einer der wenigen Motoren der dritten Klasse mit Verbrennung und Kompression der Ladung, welcher überhaupt Anwendung gefunden hat. Die Prinzipien, auf welchen die Unterhaltung der Verbrennung der Ladung in dem Cylinder während eines Theils des Hubes der Maschine, sowie die Karburirung der Luft beruhen, sind höchst originell. Das erste Prinzip ist folgendes: Wenn ein mit einem unter Druck stehenden brennbaren Gas gefüllter Behälter von der äusseren Atmosphäre durch ein Metallgewebe getrennt ist, so lässt sich dieses Gas beim Ausströmen aus dem Gewebe entzünden, ohne dass die Flamme in den Behälter zurückschlägt. Weiter unten wird die Anwendung dieses Prinzips auf den Braytonmotor erläutert werden. Wie die Mehrzahl der Motoren, so hat auch der Braytonmotor eine Reihe von Wandelungen durchgemacht, indem er zunächst doppelt wirkend, hierauf einfach wirkend, liegend und stehend ausgeführt wurde, wobei jedoch die wesentlichen Theile stets dieselben blieben. Der Arbeitscylinder der neueren Maschine ist stehend und einfach wirkend. Die mit dem Kolben verbundene Kolbenstange bewegt die Kurbelwelle mit Hülfe eines horizontalen Balanciers und einer Pleuelstange. Sämmtliche Theile

sind an einem gemeinschaftlichen Gestell befestigt. Am oberen Ende des letzteren befindet sich die Antriebswelle und auf gleicher Höhe der Boden des Cylinders, während der Balancier unter beiden liegt, so dass die Gesammtanordnung gewisse Aehnlichkeit mit dem früher beschriebenen Bénniermotor der ersten Klasse (S. 118) zeigt. Im Boden des Cylinders befindet sich neben dem Auslassventil der Vergaser, in welchem das Saugventil enthalten ist. Eine horizontale Hülfswelle, welche von der Hauptwelle durch zwei gleich grosse, konische Räder angetrieben wird, bewegt durch verschiedene Nocken und Hebel die Steuerungstheile. Der Vergaser besteht aus einem, durch den Kanal N (Fig. 185) mit dem Arbeitscylinder verbundenen, cylindrischen und in drei Kammern A, B und M eingetheilten Hohlraum. Die mittlere Kammer A, welche den eigentlichen Vergaser bildet, enthält eine Filz-, Schwamm-, Werg- oder andere poröse Schicht und ist von dem Raum M durch mehrere Drahtgewebe abgetheilt, während sie durch das Saugventil C mit der, durch das Rohr O mit der äusseren Luft verbundenen Kammer B in Verbindung treten kann. In die mittlere Kammer A münden zwei Rohre H und K, deren eines Petroleum, das andere gepresste Luft zuleitet. Das zur Karburirung der Luft bestimmte, durch das Rohr H einströmende Petroleum tränkt die in A enthaltenen porösen Stoffe, und die unter Druck durch das Rohr K einströmende Luft hat keinen andern Zweck, als das Petroleum zu zerstäuben, damit die zu karburirende Luft möglichst viel davon aufzunehmen im Stande ist. Zum Einspritzen des Petroleums dient eine kleine, mit einem Taucherkolben versehene und durch ein, auf der Hülfswelle befestigtes Excenter angetriebene Speisepumpe, während die Druckluft aus einem Reservoir zuströmt, in welches sie durch eine seitlich neben dem Arbeitscylinder stehende Kompressionspumpe von gleichem Durchmesser, aber halb so grossem Hub wie letzterer geschafft wird, welche durch den Balancier angetrieben wird. Die Steuerungsorgane dieser Kompressionspumpe werden von der Hülfswelle bewegt. Beim Beginn der Saugperiode des Arbeitscylinders öffnet sich das Saugventil C, lässt eine gewisse Luftmenge von aussen eintreten, welche die Kammer A durchströmt und in den fortgesetzt mit brennendem Gas erfüllten Raum M einströmt. Hier verbrennen die Gase während ihrer Einströmung, welche ungefähr während eines Drittels des Kolbenhubes stattfindet. Während des übrigen Kolbenweges expandiren sie und werden beim Rückgang des Kolbens aus dem Cylinder entfernt. Die Regulirung geschieht dadurch, dass die Menge der in den Cylinder einströmenden karburirten Luft und in

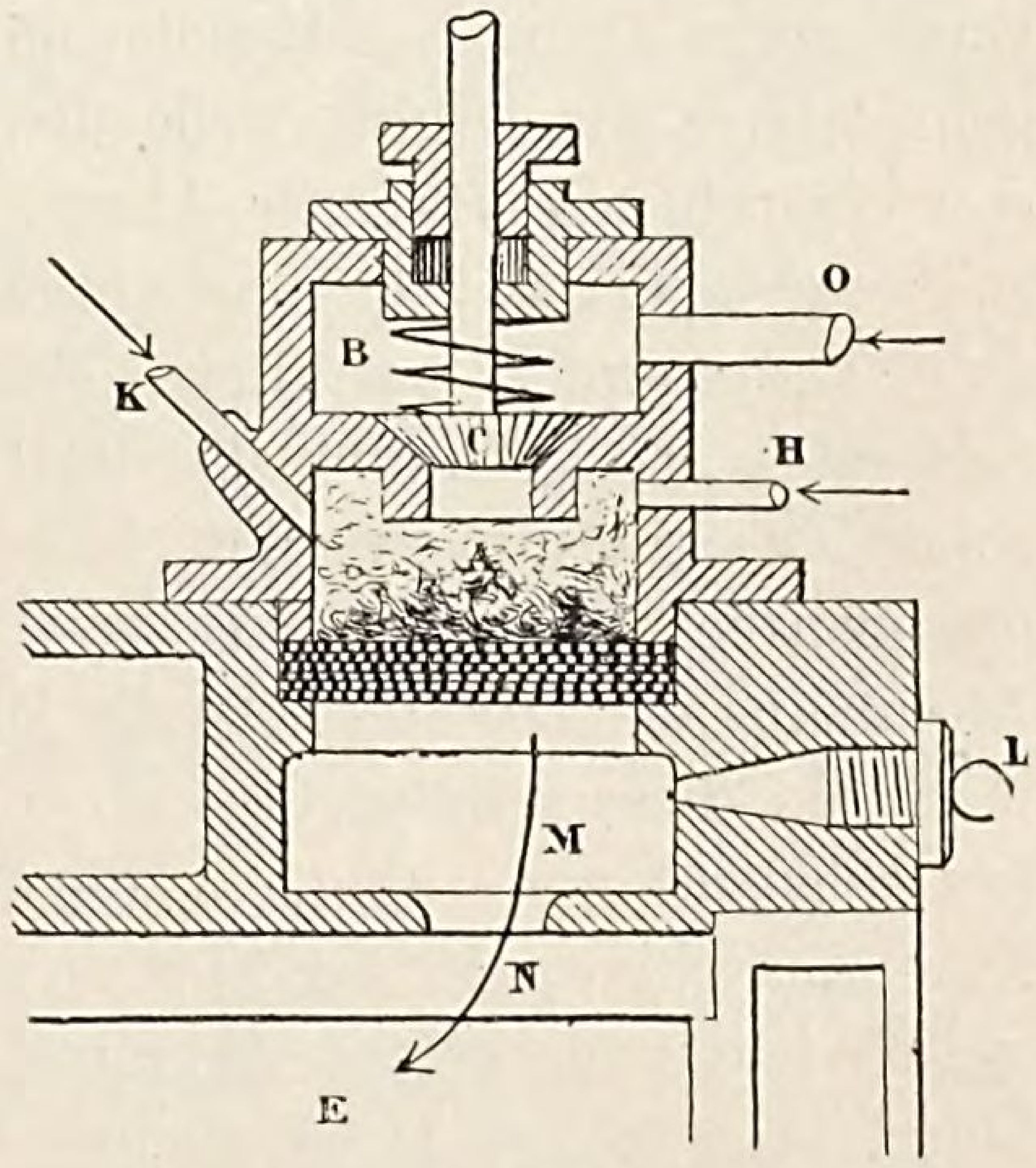


Fig. 185.

Folge dessen auch die Dauer der Verbrennung veränderlich gemacht wird, zu welchem Zwecke der das Einlassventil bewegende Nocken konisch ist und auf der Steuerwelle durch den Regulator hin und her verschoben werden kann. Die Petroleummenge wird von Hand regulirt, während der Luftbehälter, da die Kompressionspumpe stets dieselbe Leistung hat, mit einem Sicherheitsventil versehen ist, wodurch ein zu hoher Druck in dem Behälter verhindert werden soll. Das Anlassen geschieht durch Auskupplung der kleinen Petroleumpumpe und den Antrieb derselben von Hand, wodurch zunächst die porösen Stoffe angefeuchtet werden. Hierauf wird das Schwungrad angedreht, damit eine gewisse Luftmenge komprimirt und das Petroleum zerstäubt wird. Wenn die durch das Rohr O eingesaugte Luft genügend karburirt ist, wird der Pfropfen L losgeschraubt und das in der Kammer M enthaltene Gas entzündet, worauf die Maschine allein weiter läuft. Die Verbrennung in der Kammer M wird dadurch unterhalten, dass die brennbaren Gase unter Druck in dieselbe einströmen. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, haben die Drahtgewebe den Zweck, ein Zurückschlagen der Flamme in den eigentlichen Vergaser A zu verhindern, wodurch die Feuergefährlichkeit sehr verringert ist, da nur gewöhnliches Lampenpetroleum angewandt wird.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse jedoch bei Leuchtgas. Sofort nach der Erfindung des letzteren hatte Brayton versucht, dasselbe auf seine Maschine anzuwenden, indessen ohne Erfolg, da die hinter den Drahtgeweben befindlichen Gasgemische von hohem Druck in Folge der sehr raschen Abnutzung der Drahtgewebe die Maschine explosionsgefährlich machten. Sieht man von diesem Uebelstand ab, so arbeitete der Braytonmotor mit Leuchtgas sehr gut und ruhig, ja die Maschine unterschied sich kaum von einer Dampfmaschine, da dieselbe so ruhig und gleichmässig lief. Auch die Diagramme zeigten grosse Aehnlichkeit mit denjenigen einer Dampfmaschine. Durch Anwendung gewöhnlichen Petroleums sind zwar die Hauptvorzüge der Maschine unverändert geblieben, indessen erfordern die zahlreichen, flüssigen Niederschläge ein sehr sorgfältiges und häufiges Reinigen des Cylinders, wenn derselbe nicht sehr rasch abgenutzt werden soll. Da das Andrehen des Schwungrades beim Anlassen der Maschine sehr schwer ist, so wurde sie mit einem selbstthätigen Anlassapparat versehen, der aus einem kräftigen Behälter bestand, in welchen die Luft am Ende des Arbeitstages komprimirt wurde. Um am nächsten Tag den Motor wieder anzulassen, genügte es, die Petroleumpumpe von Hand zu bewegen, die Verbindung zwischen dem Luftbehälter und dem Vergaser zu öffnen und das Schwungrad einige Male umzudrehen.

Im Jahre 1878 stellte Clerk einige Versuche mit einem von der New-York and New-Jersey Ready-Motor-Company gebauten Brayton-Motor an, dessen Cylinder einen Durchmesser von 200 mm und einen Kolbenhub von 300 mm besass. Die Kompressionspumpe hatte gleichfalls 300 mm Durchmesser, dagegen einen Hub von nur 150 mm. Das zur Verwendung gelangte Petroleum hatte ein specifisches Gewicht von 0,85. Die Ergebnisse der Versuche waren folgende:

Mittlere Tourenzahl der Maschine ungefähr 201 in der Minute, Petroleumverbrauch für eine St. PS. ungefähr 1$^1/_2$ Liter, mittlere Leistung 4$^2/_3$ PS.

Die Kompressionspumpe verbrauchte jedoch für sich allein nahezu die Hälfte der ganzen Leistung der Maschine. Die Gleichmässigkeit des Ganges war eine sehr grosse. Die so gefundenen Resultate waren namentlich hinsichtlich des Petroleumverbrauchs sehr unvollkommen. Trotzdem hatte die Maschine in Amerika dank der Möglichkeit der Verwendung gewöhnlichen Petroleums, sowie in Folge ihres ruhigen Ganges, ihrer leichten Wartung u. s. w. einen grossen Erfolg. Eine Maschine derselben Bauart von 5 effektiven PS., welche mit Leuchtgas betrieben wurde und im Jahre 1873 in Amerika untersucht worden war, hatte einen Gasverbrauch von ungefähr 1950 Liter für eine effektive PS. ergeben, welcher Gasverbrauch zwischen demjenigen des Lenoir-schen und Otto-Langen'schen Motors in ihrer damaligen Ausführung liegt.

In Figur 186 ist ein von einem Brayton'schen Motor abgenommenes Diagramm dargestellt, welches demjenigen einer mit Expansion arbeitenden Dampfmaschine ziemlich ähnlich ist. Von den Punkten a—b findet die Verbrennung, von b nach c die Expansion statt, und ändert sich die Lage des Punktes b je nach der Geschwindigkeit, genau wie bei einer Dampfmaschine mit einer durch den Regulator beeinflussten veränderlichen Füllung. Der Braytonmotor hat der Simon'schen Gasdampfmaschine zweifellos zum Vorbilde gedient.

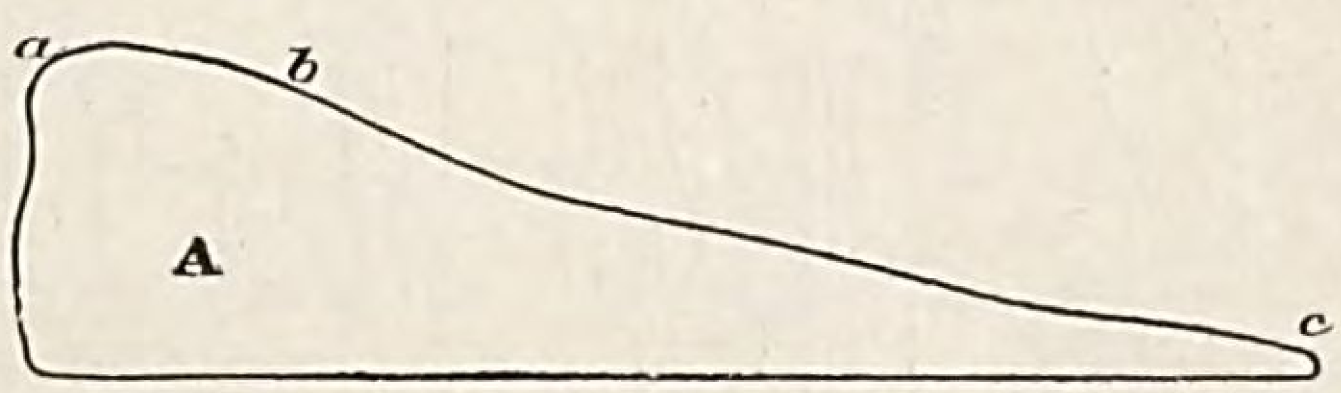


Fig. 186.

Sicherheitsmotor[1]) (System Belmont, Chabout und Diéderichs).

Derselbe gehört der ersten Gruppe der zweiten Klasse an. Der Arbeitscylinder D (Fig. 187) ist horizontal und freitragend am Gestell F befestigt, und wirkt der Kolben mittelst einer Pleuelstange direkt auf die Kurbelwelle. Eine von der letzteren mit Hülfe zweier ungleicher Kegelräder angetriebene Hülfswelle L bewegt mittelst mehrerer Nocken die Steuerungsorgane und die Zündung. Diese Nocken wirken auf gekrümmte Hebel, welche um die beiden im Gestell befestigten Achsen J' J'' schwingen. Von der Hülfswelle wird auch der Kugelregulator mit Hülfe zweier ungleicher Kegelräder bewegt. Das zum Betrieb des Motors dienende Petroleum ist in einem Behälter A aufgespeichert, dessen Niveau mit Hülfe eines Wasserstandglases B jederzeit kontrollirt werden kann. Aus diesem Reservoir gelangt das Petroleum durch ein kleines Rohr a in ein, in dem Gefäss E enthaltenes, schlangenförmiges Rohr. In dies Gefäss mündet das Auspuffrohr b, sodass die Abgase durch das Gefäss E streichen und am untern Ende in die freie Luft abgeführt werden. Hierdurch wird das in dem Schlangenrohr enthaltene Petroleum verdampft. Ausserdem besitzt das Schlangenrohr am untern Ende einen kleinen Strahlapparat, durch

[1]) Moteur Sécurité.

welchen das vergaste Petroleum eine bestimmte Luftmenge ansaugt, sich hierauf mit derselben mischt und durch das Rohr I und das Saugventil H in den Cylinder gelangt, wo seine Kompression und Zündung erfolgt. Die zur Bildung der Ladung nothwendige frische Luft strömt durch mehrere am unteren Gestell des Behälters E ausgesparte Oeffnungen in das Innere ein. Die Regulirung geschieht durch Veränderung der zu vergasenden Petroleummenge, indem ein, zwischen dem Schlangenrohr und dem Petroleumbehälter

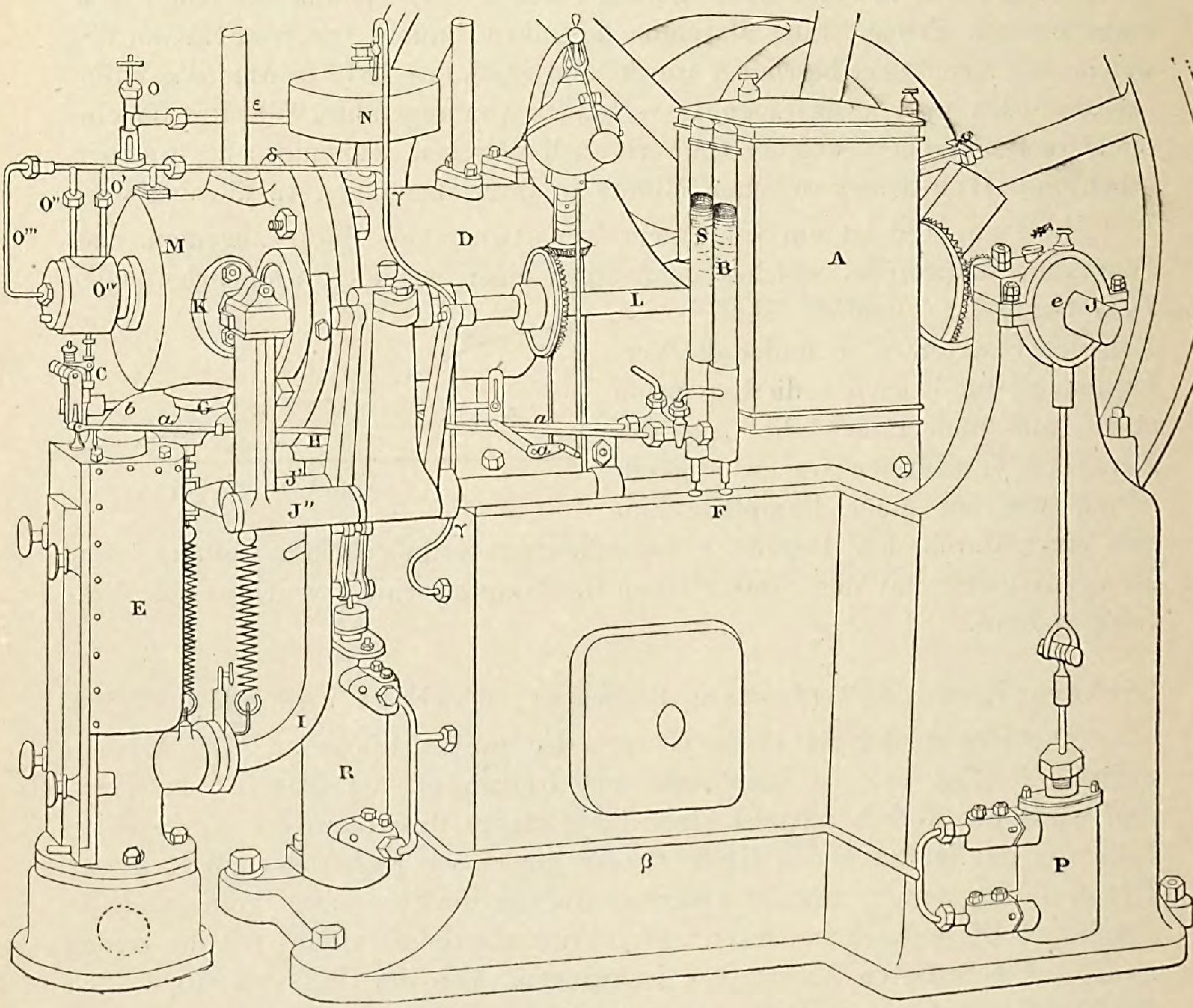


Fig. 187.

befindlicher Hahn C vom Regulator mittelst verschiedener Zwischenhebel je nach der Geschwindigkeit der Maschine mehr oder weniger geöffnet wird. Dieser Hahn kann jedoch auch von Hand bewegt werden, so dass die Geschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen veränderlich gemacht werden kann. Die Zündung geschieht durch ein aus Platin hergestelltes Glührohr c (Fig. 188), welches durch einen, im Innern desselben befindlichen und durch karburirte Luft gespeisten Brenner glühend gemacht wird. Das Glührohr ragt in eine Kammer M (Fig. 187) hinein, und erfolgt die Zündung im geeigneten Moment

durch Oeffnen eines, die Verbindung zwischen dem Cylinder und der Kammer M herstellenden Ventils K. Die Speisung des in der Glühkapsel befindlichen Brenners geschieht folgendermassen: Eine Luftpumpe P, welche durch ein auf der Schwungradwelle befestigtes Excenter e bewegt wird, drückt die Luft durch das Rohr β in ein, im unteren Theile des Sockels F (Fig. 187) befindliches Reservoir, von wo die Luft durch ein Rohr γ im oberen Boden eines mit Petroleum gefüllten Gefässes N einströmt und durch das Rohr ε und einen Hahn O fortwährend Petroleum in den Brenner drückt. Das Petroleum tropft jedoch nur langsam durch den Hahn O und wird hinter demselben von einem, durch das Röhrchen δ zugeführten Strom komprimirter Luft fortgerissen, wodurch die letztere karburirt wird und hierauf durch die Rohre O′ O″ O‴ und das Schlangenrohr O⁗ (Fig. 187 und 188) zum Brenner strömt. Die Anordnung des Schlangenrohrs hat nur den Zweck, die karburirte Luft zu erwärmen und die Kondensation von Petroleum zu verhindern. Der Hahn O kann von Hand regulirt werden und dient dazu, die Zündung durch Vergrösserung oder Verkleinerung der durch den Hahn tropfenden Petroleummenge zu reguliren, was man durch ein, in die Leitung eingeschaltes Glasrohr beobachten kann. Damit die Maschine angelassen werden kann, muss der Brenner bereits glühend sein. Zu diesem Zweck ist eine kleine Handpumpe R vorhanden, mittelst deren die zur Speisung der im Glührohr brennenden Flamme nöthige, komprimirte Luft geliefert wird. Ist das Glührohr jedoch glühend, so kann man die Maschine in Gang setzen, indem man dieselbe so lange mit Benzin betreibt, bis das in dem Behälter E befindliche Schlangenrohr genügend erwärmt ist, um die Verdampfung des gewöhnlichen Petroleums zu bewirken. Das hierzu nöthige Benzin wird in einem besonderen, in dem Petroleumbehälter A enthaltenen Raum aufgespeichert und durch dieselben Rohre wie das während des Betriebs angewandte gewöhnliche Petroleum in die Maschine gebracht. Ein Glasrohr S dient dazu, den Flüssigkeitszustand in dem Behälter zu kontrolliren. Die Kühlung des Cylinders erfolgt in der gewöhnlichen Weise durch Wassercirkulation im Kühlmantel. Der Sicherheitsmotor kann mit Mineralöl, gewöhnlichem Petroleum, Benzin und anderen flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen bis zu einem specifischen Gewicht von 0,85 betrieben werden und soll der Petroleumverbrauch nach Angabe der Erfinder einschliesslich der Zündung für eine St. PS. nicht mehr als 0,5 Liter betragen. Die Maschine arbeitet sehr ruhig, ist jedoch ziemlich komplizirt, welcher Nachtheil indessen durch die kräftige Bauart der ganzen Maschine sowie der einzelnen Theile einigermassen wieder ausgeglichen wird. Ein Hauptnachtheil dieses Motors beruht jedoch in der Nothwendigkeit der Anwendung von Benzin. Der Sicherheitsmotor wird von der Firma Diéderichs in Bourgoin (Dep. Isère) in folgenden Grössen geliefert:

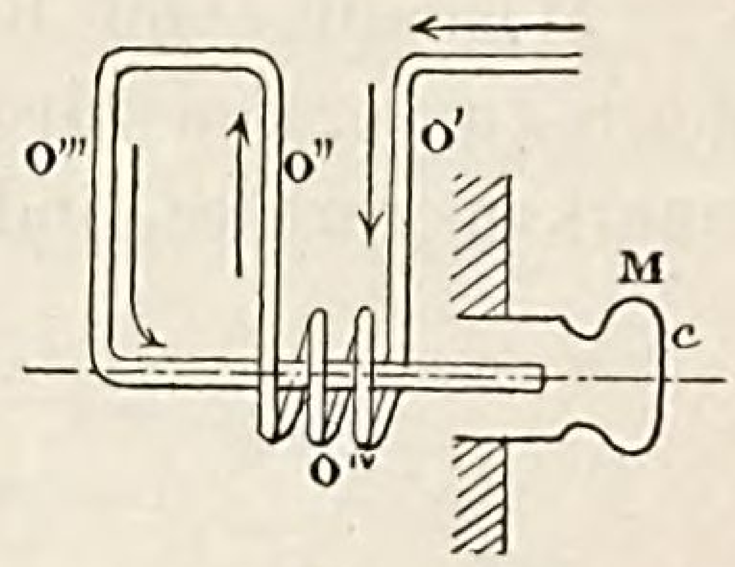


Fig. 188.

Effektive Leistung in PS.		1/2	1	2	3	4	6	8	10
Abmessungen in m:	Länge	1,355	1,565	1,900	2,050	2,250	2,540	2,825	3,050
	Breite	0,810	0,860	1,120	1,150	1,295	1,310	1,320	1,360
	Höhe	1,375	1,450	1,540	1,650	1,725	1,850	2,000	2,000
Tourenzahl in der Minute		240	240	200	200	180	180	160	160
Gewicht der Maschine mit Sockel, kg		900	1100	1350	1500	1950	2400	3700	3800
Gewicht des Sockel, kg .		150	200	245	300	380	440	510	605

Maschine von Ragot. Dieselbe zeigt eine stehende Anordnung und gehört zur ersten Gruppe der zweiten Klasse, bietet im Allgemeinen wenig Bemerkenswerthes, indessen hat sich der Erfinder die Aufgabe gestellt, einen möglichst einfachen, billigen und kleinen Gasmotor zu schaffen, welcher auch im Nothfall bei nicht vorhandenem Leuchtgas mit einem Apparat verbunden werden kann, mittelst dessen er mit gewöhnlichem Petroleum zu betreiben ist. Die Maschine besteht aus dem Cylinder A (Fig. 189), dessen Untergestell zur Befestigung der Maschine auf dem Fundament dient, während am oberen Ende zwei Arme vorhanden sind, welche die vom Kolben mittelst einer Pleuelstange angetriebene Kurbelwelle tragen, auf welcher einerseits das Schwungrad und die Riemenscheiben, andererseits eine kleine Schnurscheibe a und ein Zahnrad b befestigt ist, deren erstere den Regulator R, letzteres ein Zahnrad c von doppelter Grösse antreibt, das auf einer zur Bewegung der Steuerungstheile und der Zündung dienenden Hülfswelle aufgekeilt ist. Zur Steuerung dienen Ventile, während die Zündung elektrisch durch Anwendung einer Batterie erfolgt. Die Kühlung wird durch Wassercirkulation im Cylindermantel bewirkt. Der interessanteste Theil dieser Maschine ist der Vergaser, welcher aus einem in zwei ungleiche Abtheilungen getheilten, konischen Gefäss B besteht, in dem sich ein zweiter Konus von gleichem Durchmesser

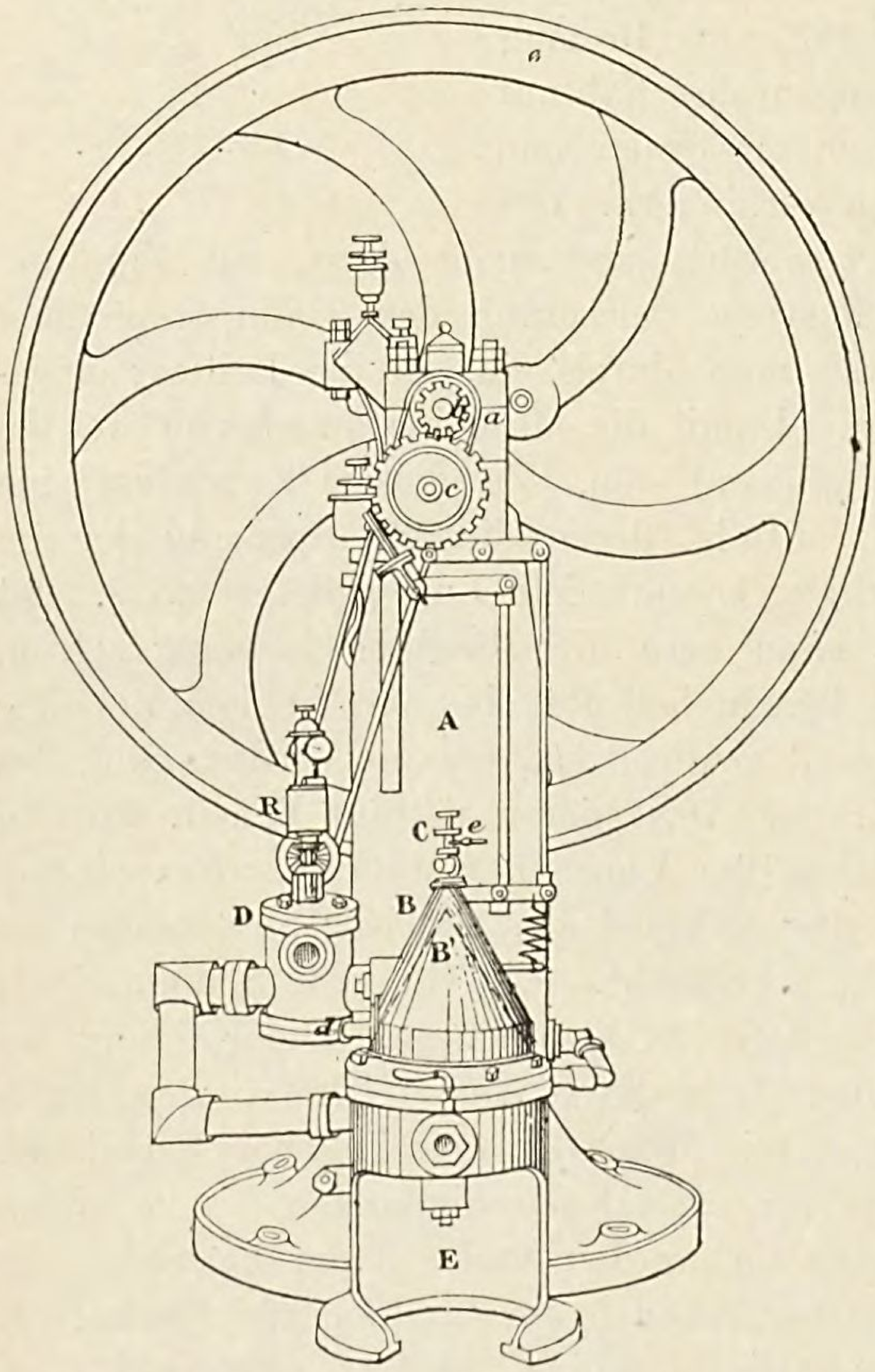


Fig. 189.

jedoch geringerer Höhe befindet. Zwischen beide Kegel fliesst das zu verdampfende Petroleum, während in den inneren Raum B' die von der Maschine kommenden Abgase einströmen und durch ihre Wärme das Petroleum verdampfen. An der Spitze des äusseren Kegels B ist ein Strahlapparat C angebracht, dessen Zweck weiter unten besprochen wird, während durch ein Rohr d die Verbindung zwischen dem ringförmigen Raum der beiden Kegel und dem Arbeitscylinder hergestellt ist. Beim Ansaugen entsteht in diesem Raum eine Luftverdünnung, wobei durch den Strahlapparat C eine gewisse Petroleummenge aus dem zum Petroleumbehälter führenden Rohr angesaugt wird und gleichzeitig eine bestimmte Luftmenge in den Apparat einströmt, sodass das zerstäubte Petroleum und die Luft gemeinschaftlich in den, zwischen beiden Kegeln enthaltenen Raum gelangen, wo ersteres vergast und letztere erwärmt wird. Das so gebildete, noch nicht explodirbare Gas mischt sich auf dem Wege zum Cylinder mit der zur Bildung eines explosiblen Gemisches nothwendigen Luftmenge. Diese Mischung erfolgt in dem zwischen dem Vergaser und dem Saugventil liegenden Gehäuse D, welches am oberen Ende den Regulator R trägt, der durch Verminderung der Luftmenge die Stärke der Explosion regulirt. Die aus dem Kegel B' ausströmenden Abgase gehen gleichfalls durch dieses Gehäuse, bevor sie in's Freie gelangen. Das Anlassen geschieht mit Hilfe einer gewöhnlichen, mit Lampenpetroleum gespeisten Lampe, welche in den Raum E unter den Vergaser gestellt wird. Nach Verlauf von 15—20 Minuten kann die Maschine in Gang gesetzt werden, zu welchem Zweck man auch Benzin für die ersten Umdrehungen anwenden kann. Indessen ist das erstere Verfahren vorzuziehen. Die Maschine von Ragot, welche aus dem Jahre 1888 stammt, ist sehr einfach, verhältnissmässig klein und leicht zu bedienen und hat den grossen Vortheil, nur eine einzige Brennflüssigkeit zu erfordern, deren Verbrauch nach Angabe der Erfinder bei einem specifischen Gewicht von 0,81—0,82 ungefähr 400 Gramm für eine effektive St. PS. betragen soll. Der Gang der Maschine ist ziemlich ruhig, ihr Preis kein sehr hoher, dafür hat sie den Nachtheil, eine Batterie und einen Induktionsapparat zu ihrer Zündung zu erfordern. Die Ragot'schen Maschinen werden in Belgien durch die Société anonyme des moteurs inexplosibles etc. in Brüssel, und in England durch die Petroleum-Power-Co. Limited in London ausgeführt. Die folgende Tabelle giebt die Abmessungen etc. dieser Maschinen.

Leistung in effektiven PS.[1]		1	2	3	4	5	6	8	10	12
Abmessungen in m	Länge	1,60	1,70	1,80	2,00	2,10	2,80	2,90	3,20	3,90
	Breite	0,70	0,80	0,90	1,00	0,90	1,00	1,05	1,10	1,20
	Höhe	1,75	1,90	2,00	2,20	1,85	1,90	1,95	2,00	2,05
Tourenzahl in der Minute		240	220	220	200	200	200	190	180	160
Gewicht in kg ca. . . .		750	850	1000	1400	1650	2000	2300	2750	3000

[1]) Für Leuchtgasbetrieb werden die Ragot'schen Maschinen bereits von 1/4 PS. an gebaut.

Daimler's Petroleummotor. Derselbe ist in Fig. 190 in perspektivischer Ansicht und in Fig. 191 in einem schematischen Querschnitt durch den Cylinder abgebildet und hat folgende Wirkungsweise.

Durch den Verdunstungsapparat A wird beim Niedergang des Arbeitskolbens erwärmte Luft gesaugt, welche sich dabei mit den, im Verdunstungsapparat gebildeten Petroleumdämpfen mischt und so das brennbare Gas bildet. Das letztere mischt sich nun in einem Regulirhahn H mit der zur Verbrennung nothwendigen Luft und gelangt nun erst durch das, in dem seitlich vom Arbeitscylinder gelegenen Ventilgehäuse befindliche, nach unten sich öffnende Saugventil in den Cylinder, um dort beim Aufgang des Kolbens komprimirt zu werden. Die sodann erfolgende Zündung wird durch die Berührung eines Theils der Ladung mit dem rothglühenden Platinazündhut G (Fig. 192) bewirkt, welcher in eine Laterne L hineinragt, deren Flamme gleichfalls durch vergastes Petroleum gespeist wird. Da jedoch beim Anlassen der Maschine der Brenner F noch kalt ist, so wird eine denselben umgebende, kleineSchale E mit Spiritus gefüllt und letzteres entzündet, oder das Rohr durch eine kleine Spirituslampe von aussen her erwärmt.

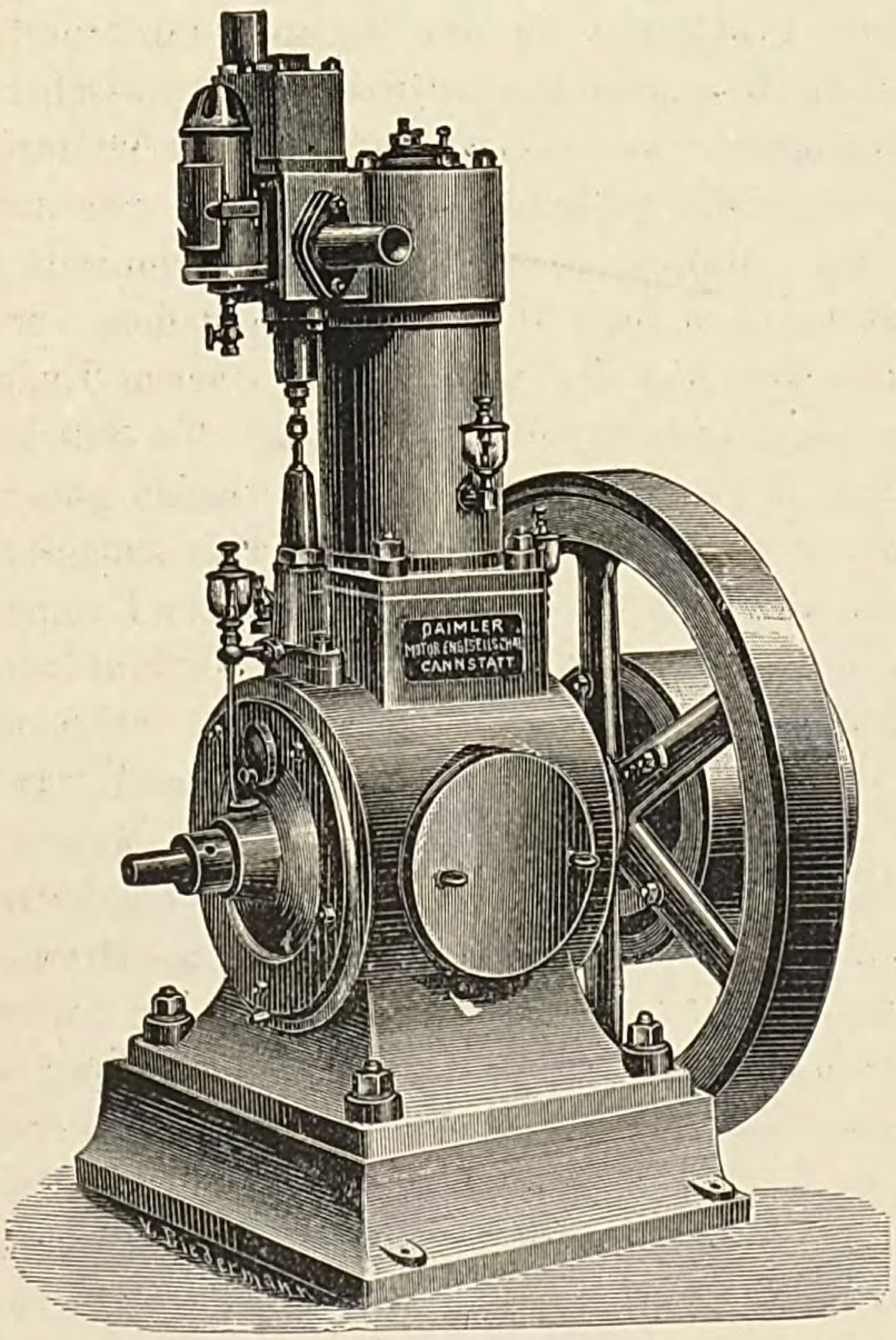


Fig. 190.

Hierauf wird (etwa nach 1—2 Minuten) mittelst des Handrädchens v die Petroleumleitung zum Brenner F geöffnet, worauf sich die zur Bildung der Brennerflamme erforderlichen Petroleumdämpfe entwickeln. Die hierauf entstehende Brennerflamme muss in und über dem Hut des Brenners bläulich-grünlich und mit blasendem Geräusch brennen und den Platinzündhut G auf Rothgluth erwärmen.

Die Speisung des Brenners E geschieht von dem kleinen, über dem Vergaser A befindlichen Behälter B aus, welcher seinerseits durch den an der Wand befestigten grossen Petroleumbehälter P gefüllt wird, nachdem zwei in die Leitung eingeschaltete Ventile geöffnet sind. Ein vom Boden des Behälters B abführendes kleines Rohr leitet auch das zur Bildung der Petroleumdämpfe erforderliche Petroleum in den Verdunstungsapparat A.

Durch eine kleine, von der Steuerwelle der Maschine bewegte Flügelpumpe Q wird das zur Mantelkühlung dienende Wasser in die Maschine gepumpt.

Wie aus den Figuren 190 und 191 zu ersehen, ist die Maschine genau wie die Daimler'sche Gasmaschine in einem Gehäuse vollständig abgeschlossen, in welchem sich der ganze Antriebsmechanismus befindet. Zur Steuerung des Auslassventils, welches im Ventilgehäuse direkt unter dem Einlassventil angebracht ist, dient ein auf der Steuerwelle sitzender Nocken, welcher die Ventilstange während des Auspuffs anhebt. An das Auslassventil schliesst das in Fig. 193 eingezeichnete Auspuffrohr W an.

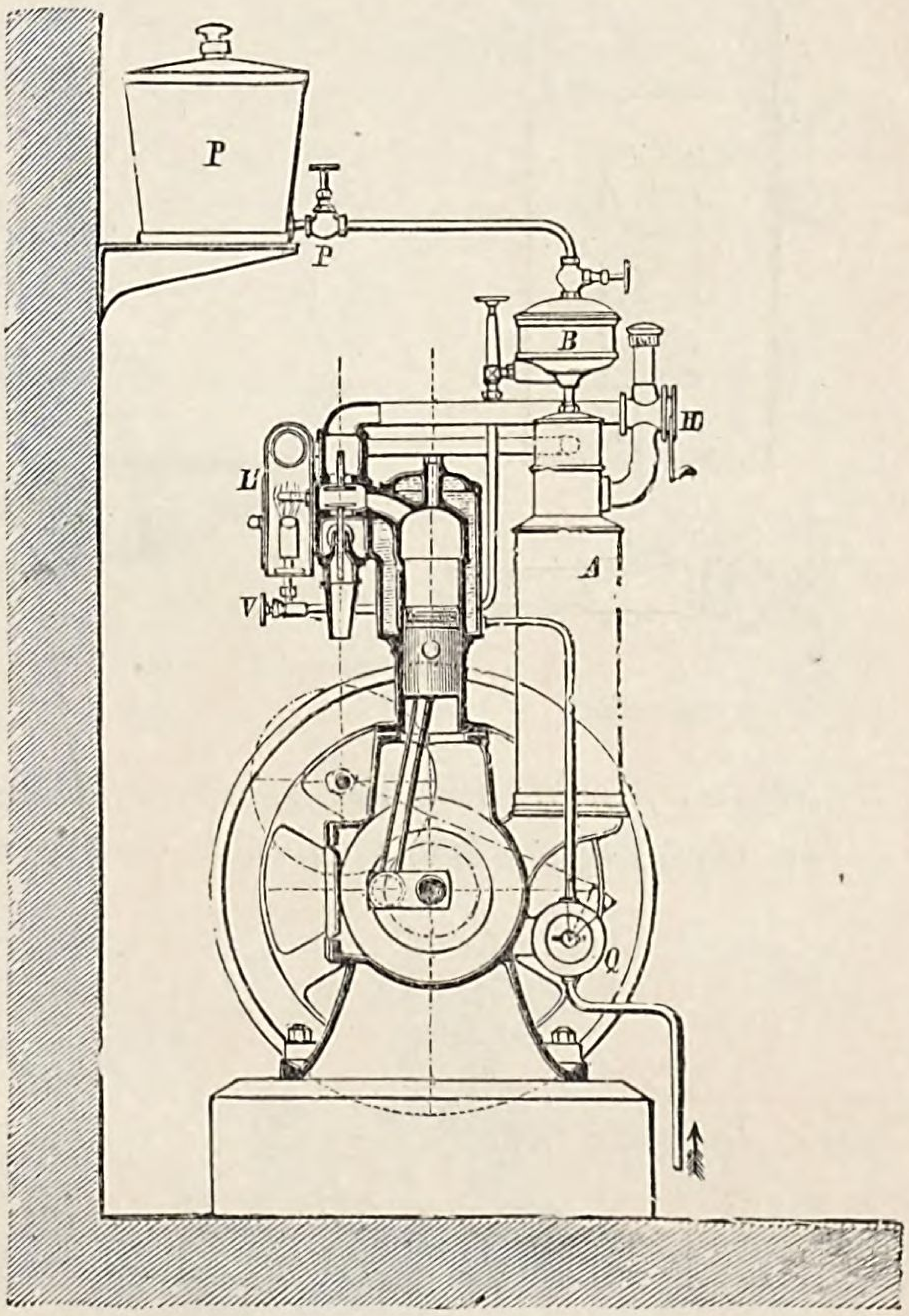


Fig. 191.

In den Figuren 193 und 194 ist ein Daimler-scher Zwillings-Petroleummotor für Bootsbetrieb dargestellt, dessen Konstruktion im Wesentlichen genau dieselbe ist, wie diejenige des vorbeschriebenen Motors. Durch Verstellen des Handhebels K nach vorn (gegen den Motor zu) wird die Reibungskupplung C, welche das Schwungrad S, also auch die Kurbelwelle mit der Schraubenwelle verbindet, eingerückt, während beim Zurückziehen die Reibungskuppelung ausgelöst, dafür das Wendegetriebe R T eingerückt wird, wodurch die Schraubenwelle in entgegengesetztem Sinne gedreht wird, das Boot also rückwärts fährt. In der in Fig. 194 gezeichneten Mittellage des Hebels steht die Schraube still. Eine kleine am anderen Ende der Kurbelwelle befindliche Kurbel J dient zum Umdrehen der Kurbelwelle beim Anlassen der Maschine. Nach erfolgtem Ingangsetzen des Motors löst die Kurbel von selbst aus.

Die Daimler'schen Petroleummotoren werden sowohl für stationären Betrieb, als auch als Lokomobilen und in sehr grosser Zahl für Bootsbetrieb ausgeführt. Auch zum Betriebe von Strassenwagen, sogen. Motorwagen, werden sie in neuerer Zeit benutzt.

Bei Versuchen, welche in den Tagen vom 10. bis 24. November 1892 von der Maschinenprüfungsanstalt der kgl. landwirthschaftlichen Akademie zu

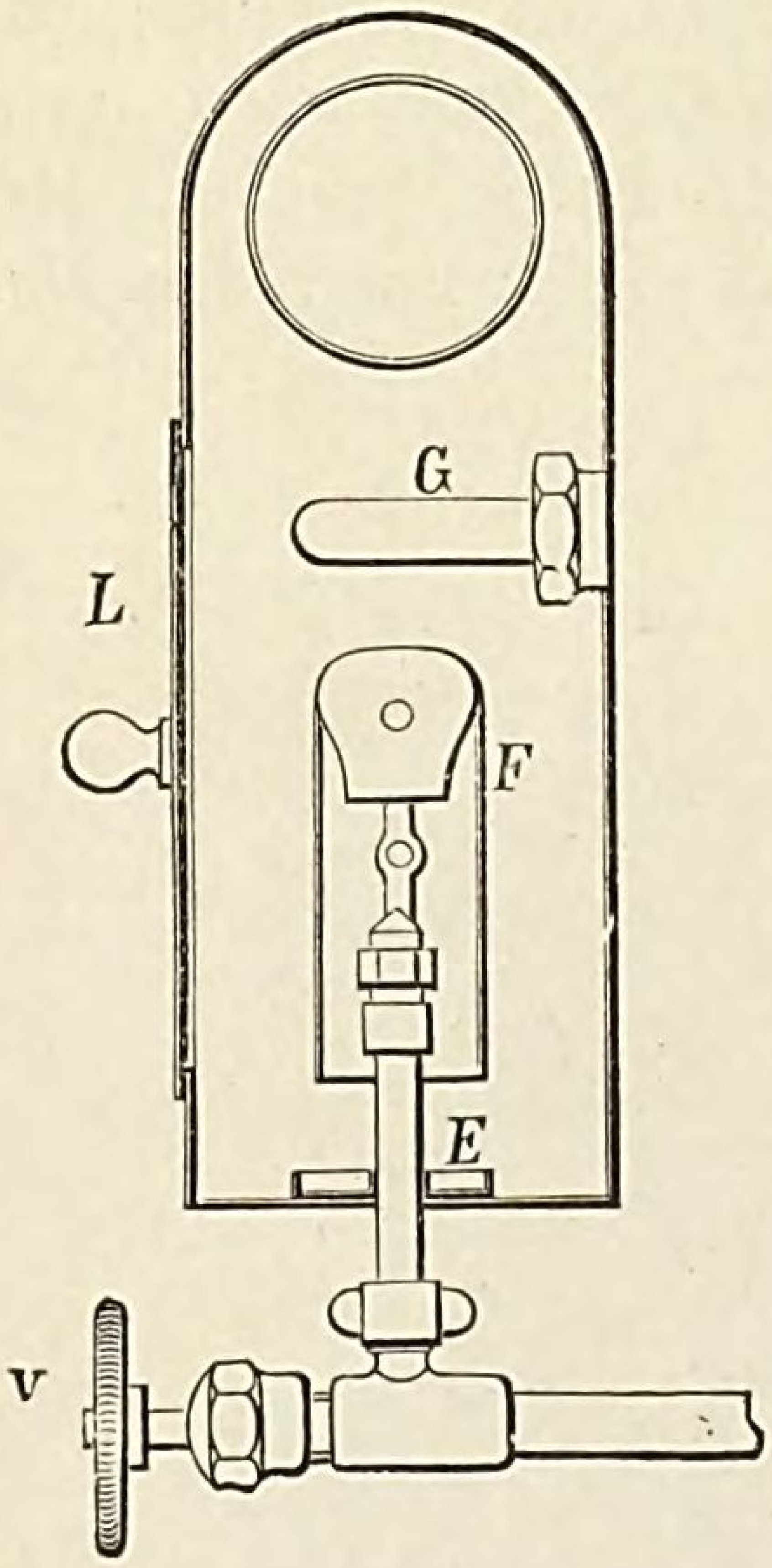


Fig. 192.

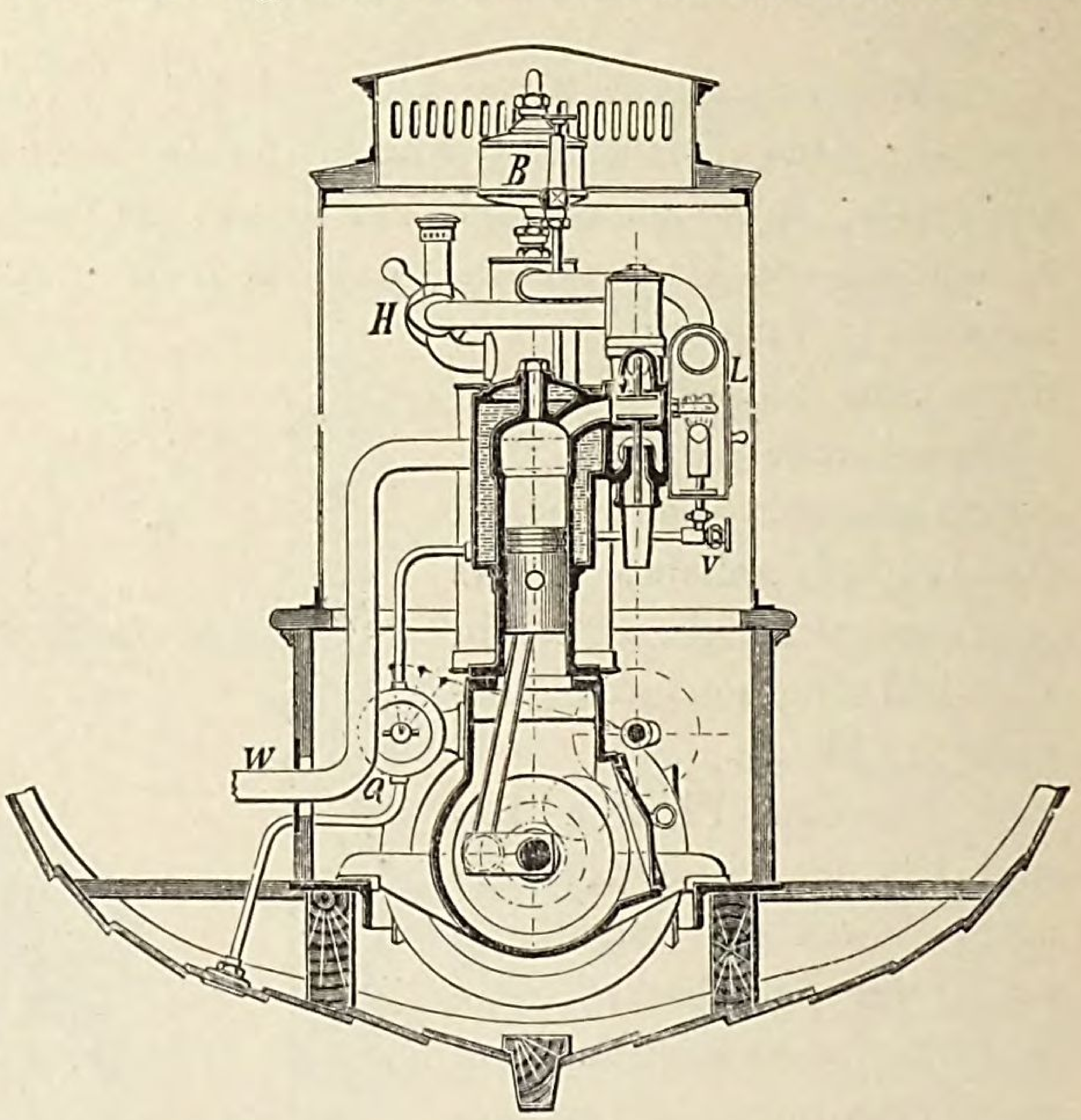


Fig. 193.

Hohenheim[1]) in Württemberg an einer nominell 2pferdigen Daimler-Lokomobile angestellt wurden, ergab sich eine Bremsleistung von 2,4 PS. und ein Verbrauch von sogen. Petrol-Benzin (bei einem spez. Gewicht von 0,705 und einem Siedepunkt von 70—90° C.) von 0,505 kg für eine eff. St.PS. und ein Schmierölverbrauch von 0,032 kg für eine eff. St.PS. Die Lokomobile machte im Mittel 570 Umdrehungen in der Minute.

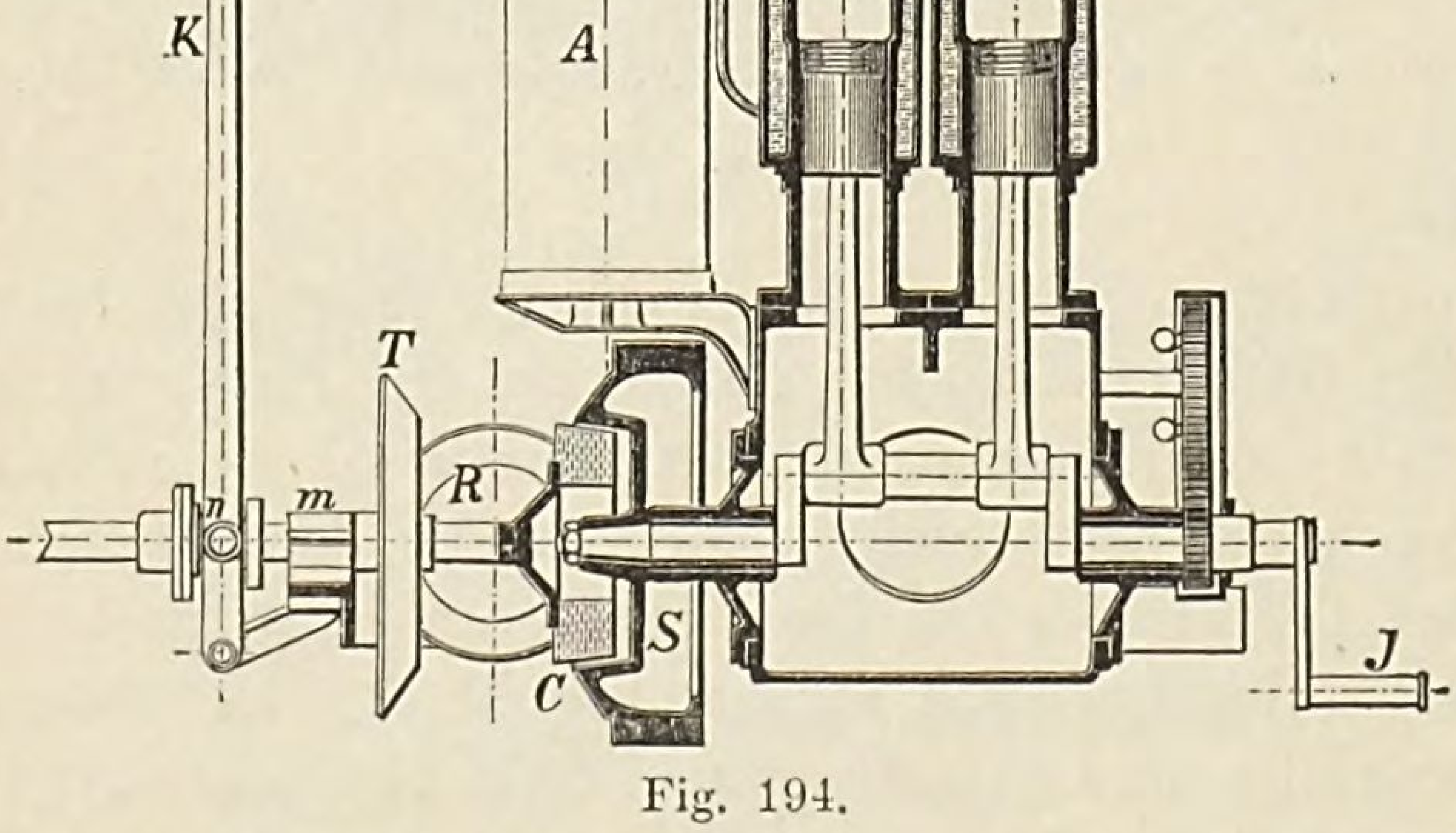


Fig. 194.

Bei einem Preise von 34 Pfg. pro kg ergiebt dies einschliesslich der Unkosten für Schmieröl eine Ausgabe von 19,8 Pfg. für eine eff. St.PS.

1) Württemb. Wochenbl. f. Landwirthsch. 1893, Nr. 11 und 12.

Interessant ist der von derselben Prüfungskommission angestellte Vergleich der Betriebskosten für eine zweipferdige Dampf-Lokomobile im Verhältniss zur Daimler'schen Petroleumlokomobile, welcher aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist.

Vergleich der Betriebskosten bei 100 Arbeitstagen von achtstündiger reiner Arbeitszeit:

Nom. zweipferdige Lokomobile	ℳ	₰	Nom. zweipferdiger Petrol-Motor (Daimler-Lokomobile)	ℳ	₰
Ankaufspreis 2000 M. Hiervon Zins 5%, Amortisation 10%, Reparatur 2%, zusammen 17% aus 2000 M. = 340 M., pro Arbeitstag	3	40	Ankaufspreis 2205 M. Hieraus Zins 5%, Amortisation 10%, Reparatur 2%, zusammen 17% aus 2205 M. = 374 M. 85 Pf., pro Arbeitstag	3	75
Kohlen 5 kg p. Std. u. P. = 80 kg à 2 M. 20 Pfg. pro 100 kg . .	1	76	Petrol 0,505 kg pr. Std. u. P. = 8,08 kg à 31 Pfg.	2	75
Für Oel, Holz, Werg etc.	—	60	Für Oel 0,51 kg à 80 Pf.	—	41
1 Heizer	2	50	1 Heizer auf ¼ Tag zu rechnen à 2,5 M.	—	62
Mehrkosten für Transport und Wasserbeifuhr	—	15	Für Putzlappen, Spiritus etc. . .	—	10
Betriebskosten pro Tag	8	41	Betriebskosten pro Tag	7	63
„ pro 100 Arbeitstage	841	—	„ pro 100 Arbeitstage	763	—

Demnach sind die Betriebskosten für einen Arbeitstag bei der Dampflokomobile um 841 — 763 = 78 Pfg. oder um $\frac{78}{763} \cdot 100 = 12{,}2\,\%$ höher als bei der Daimler'schen Petroleumlokomobile, obwohl der Ankaufspreis der letzteren, also auch die Amortisations- etc. Kosten höher als bei der Dampflokomobile in Anrechnung gebracht sind.

Petroleummotor von Dürkopp. Bei dem in den Figg. 195—197 dargestellten Petroleummotor der Bielefelder Maschinenfabrik vorm. Dürkopp u. Co. ist der Cylinder (28) freitragend am Gestell (29) befestigt, welches seinerseits auf einem gusseisernen Sockel festgeschraubt ist, in bezw. an welchem ausserdem der grosse cylindrische Oelbehälter (1) und eine kleine Handpumpe (4) angebracht ist. Aus dem grossen Oelbehälter wird das zum Betrieb der Maschine erforderliche Petroleum entnommen, während ein kleiner, an der Wand neben dem Motor befestigter Oelbehälter (2) zur Speisung des Brenners (12) des Glührohrzünders dient. Die zum Ein- und Auslass der Gase dienenden Ventile (10) und (9) sind symmetrisch zur Cylinderachse im Cylinderdeckel nebeneinander angebracht und werden von der Steuerwelle (22) vermittelst der Hebel (25 und 26) bewegt.

Das zur Speisung der Maschine d. h. zur Bildung des explosiblen Gemisches erforderliche Petroleum wird zunächst im kalten Zustand durch komprimirte Luft zerstäubt und hierauf im feinvertheilten, nebelartigen Zustand dem

stark erhitzten Vergaser zugeführt, aus welchem es hiernach als fertiges Gas unter gleichzeitigem Mischen mit der zur Verbrennung erforderlichen, atmosphärischen Luft in das Innere der Maschine gelangt. Hierdurch soll die Bildung von Rückständen in der Maschine fast ganz vermieden werden, da in Folge des vorherigen Zerstäubens alle schweren Substanzen des Petroleums mitverdampft und bei der Zündung mit verbrannt werden, also eine Reinigung der Maschine nur selten erforderlich wird. Die Zerstäubung des Petroleums geschieht in dem Zerstäuber (15), in welchen das Petroleum aus dem grossen Behälter (1) durch den auf der Petroleumoberfläche lastenden Luftdruck von ca. 2 Atm. geschafft wird. Zur Kompression der Luft im Oelbehälter dient beim Anlassen die Handpumpe (4), während des Betriebes dagegen die von der Maschine bewegte kleine Luftpumpe (3). Durch den von der Maschine

Dürkopp's Petroleum-Motor.

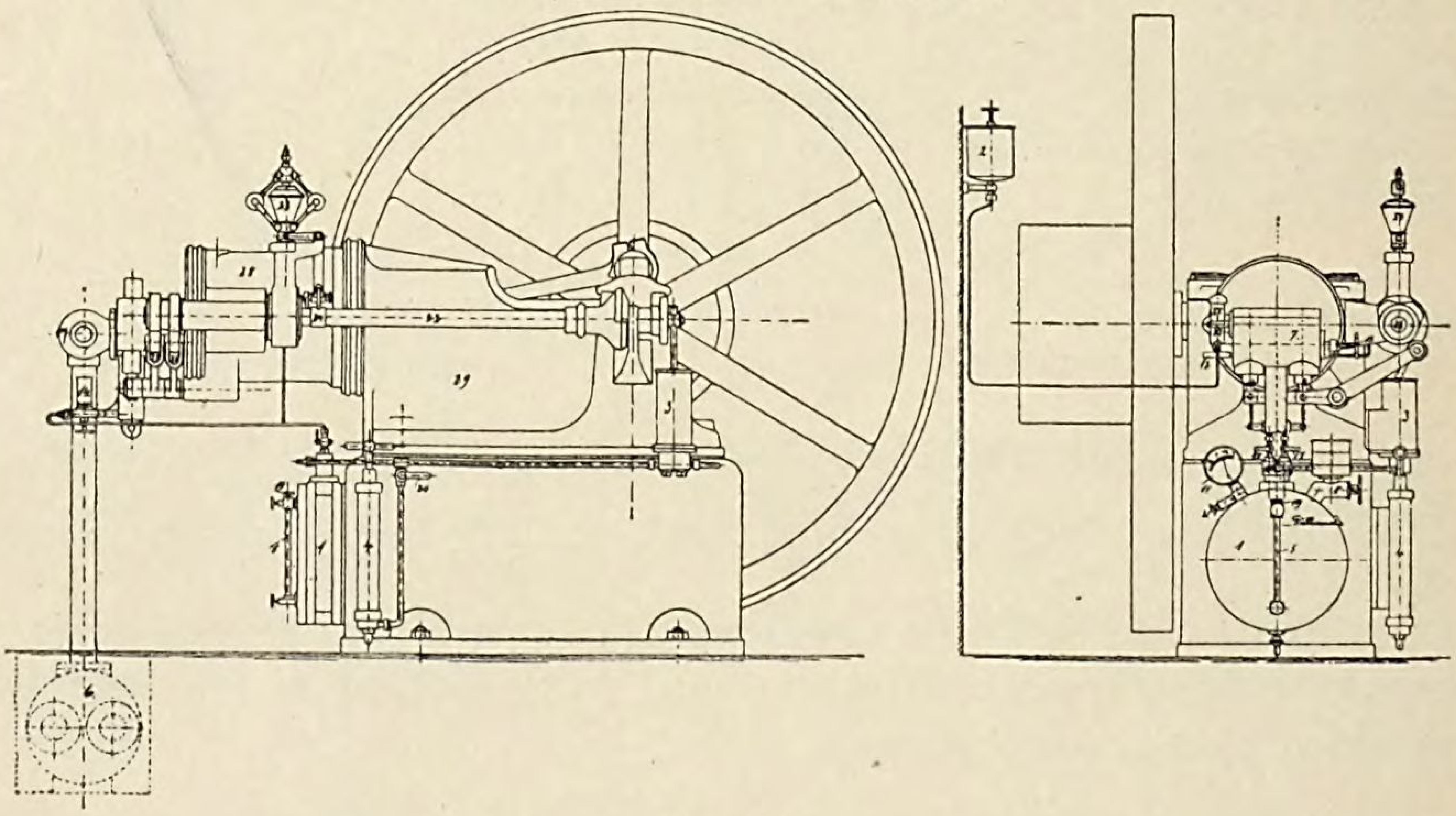


Fig. 195.

mittelst des Regulators (23) bethätigten Regulirhahn (24) wird die Menge des in den Zerstäuber eintretenden Petroleums regulirt und der jeweiligen Geschwindigkeit angepasst. Der Vergaser (7) sitzt direkt vor der Auspuffleitung und wird durch die aus der Maschine ausströmenden Abgase erwärmt. Beim Anlassen dient ein unter dem Vergaser befindlicher Anheizer (14), welcher gleichfalls von dem an der Wand befestigten kleinen Oelbehälter (2) gespeist wird, zum Anwärmen des Vergasers.

Die Zündung geschieht durch das aus widerstandsfähigem Material (Nickelkomposition) hergestellte Glührohr (13), welches durch den bereits erwähnten Brenner (12) rothglühend erhalten wird.

Wie aus den beiden Schnitten (Fig. 196 und 197) hervorgeht, ist sowohl der Cylinder als auch der Deckel mit Wasserkühlung versehen, und ist die Maschine von Dürkopp mit einer sehr langen Kolbenführung versehen.

Im Fussboden befindet sich noch der kombinirte Saug- und Auspufftopf 6, welcher durch die Abgase erwärmt wird, so dass hierdurch die angesaugte Luft bereits vorgewärmt in den Cylinder gelangt. Eine weitere Eigenthümlichkeit des Dürkopp'schen Motors ist die, dass bei sämmtlichen Rohrverbindungen das Dichtungsmaterial vermieden ist. Alle Dichtungen, selbst diejenigen des Ventilkastens mit dem Cylinder sind durch eingeschliffene Konusse und bei den kleineren Rohrverbindungen durch Ueberwurfmuttern, womit die Konusse zusammengeschraubt werden, hergestellt. Es hat sich

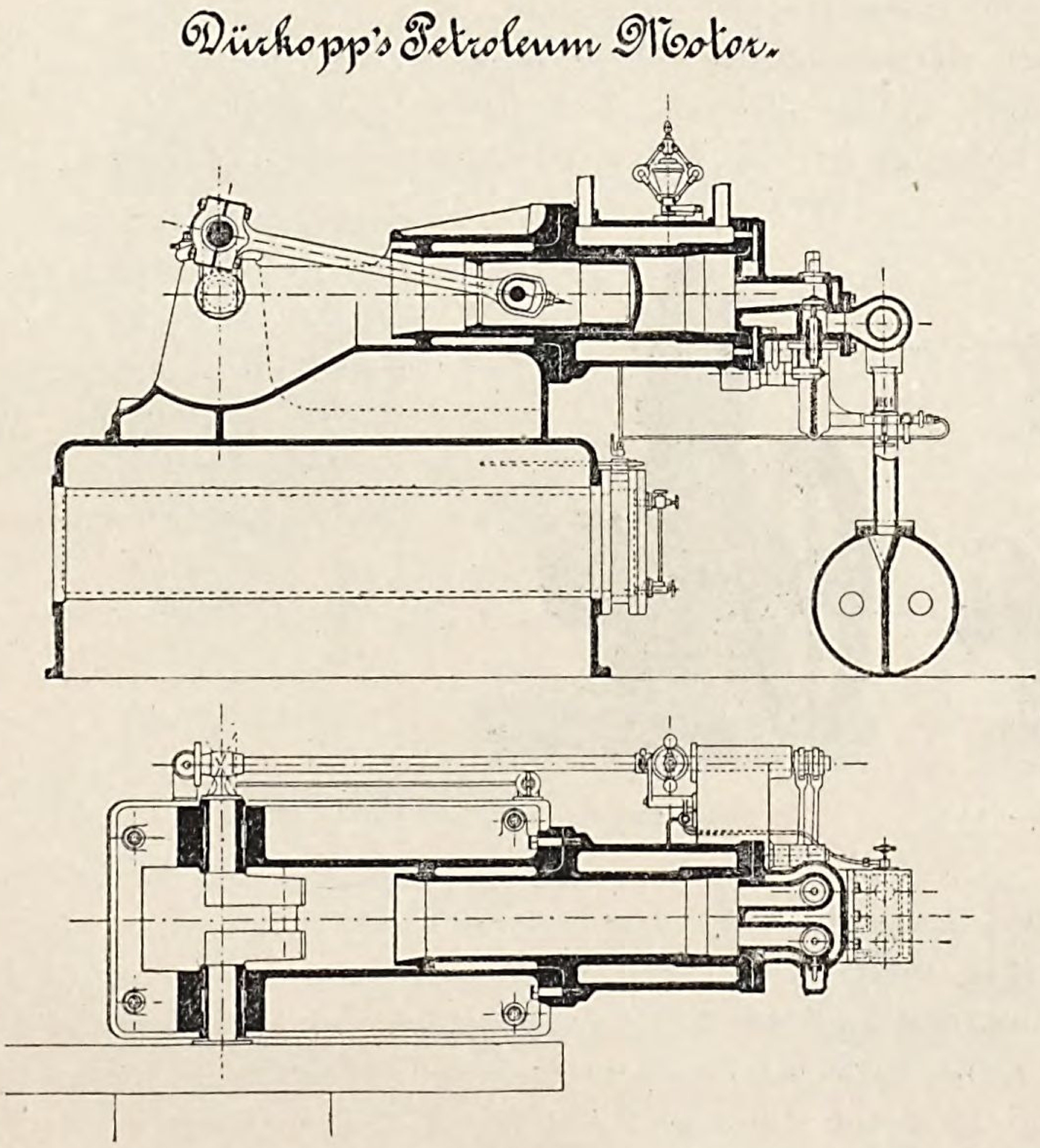


Fig. 196 und 197.

(nach Mittheilung der Firma Dürkopp) aus der Praxis ergeben, dass das unter Druck stehende Petroleum selbst das beste und dichteste Dichtungsmaterial durchdringt, und dass nur sauber aufeinander geschliffene Metalldichtungen eine Gewähr gegen Verluste durch Undichtheiten leisten.

Zum Einfüllen des Petroleums in den grossen Behälter dient der Füllhahn (8), während das auf der andern Seite am Oelbehälter angebrachte Manometer (11) zur Beobachtung des Luftdruckes im Behälter dient, und das am Manometerrohr angebrachte Sicherheitsventil (21) eine zu grosse Drucksteigerung im Oelbehälter und die hiermit verbundene Gefahr der Explosion

des Oelbehälters verhüten soll. Ein Oelstandsglas (5) endlich vervollständigt die Ausrüstung des Behälters. Dasselbe ist am oberen Ende mit einer Entlüftungsschraube (19) versehen, welche beim Stillsetzen der Maschine geöffnet wird, um die im Behälter noch enthaltene komprimirte Luft entweichen zu lassen. Verschiedene Hähne (17, 18 und 20) dienen zum Absperren der Luft- und Petroleumrohrleitungen.

Petroleummotor von J. M. Grob & Co. Der von der Firma J. M. Grob u. Co. in Leipzig-Eutritsch gebaute Petroleummotor ist in den Figuren 198 und 199 in perspektivischer Ansicht, in den Figuren 200 und 201 im Vertikalschnitt und Seitenansicht dargestellt. Seine äussere Anordnung gleicht einigermaassen derjenigen des weiter oben (S. 193) beschriebenen Lutzky-schen Gasmotors, indem hier wie dort der Arbeitscylinder am oberen Ende des Gestells befestigt ist. Auf dem Cylinder ist eine, das Lufteinlassventil, den Zerstäuber des Petroleums und den Vergaser enthaltende Haube befestigt, welche in Fig. 202 in grösserem Maassstab dargestellt ist. Beim Niedergang des Kolbens wird durch das Lufteinlassventil e frische Luft angesaugt, welche zum grössten Theil in den Cylinder einströmt, während ein kleiner Theil derselben von einem, in den Luftstrom hineinragenden Saugtrichter g aufgefangen und seitlich in den Zerstäuber h und Vergaser i gesaugt wird. Der erstere besteht aus einer spitzzulaufenden Düse h (Fig. 202), in welche das Petroleum durch ein dünnes Rohr von unten her einströmt und in derselben zerstäubt wird, indem es beim Eintritt in die Düse zunächst in eine, in einer Schraube befindliche Bohrung einströmt und an deren unterem Rand durch den vorüberstreichenden Luftstrom zerstäubt wird. Der U-förmig gebogene Vergaser i wird durch eine unterhalb desselben brennende Flamme in Rothglut erhalten, wodurch das in der Luft enthaltene, staubförmige Petroleum vergast wird. Dasselbe gelangt so in den Cylinder, wo es sich mit der gleichzeitig angesaugten frischen Luft mischt.

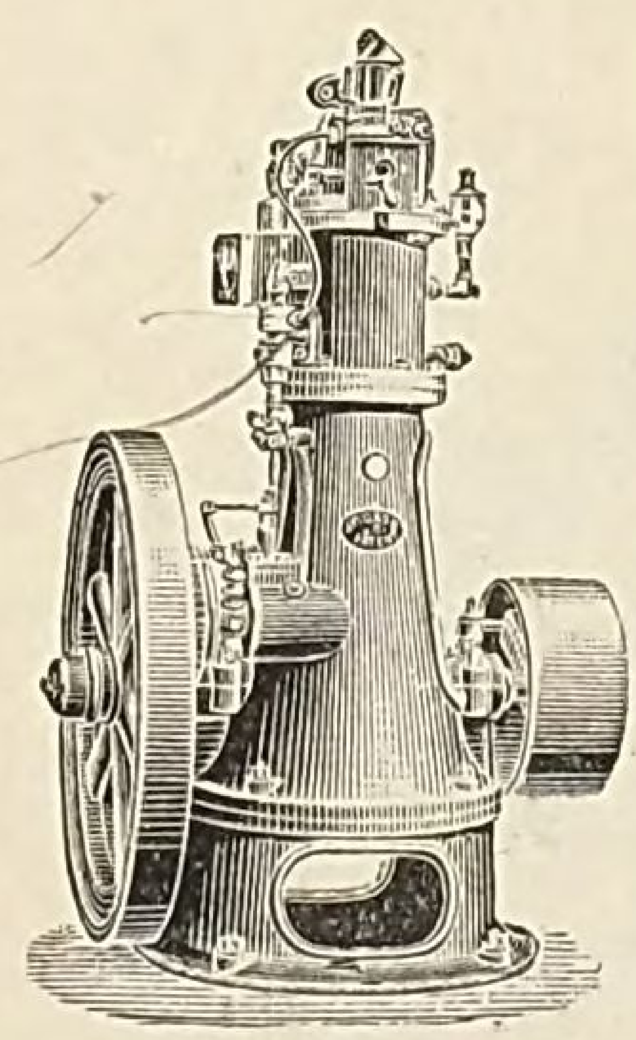


Fig. 198.

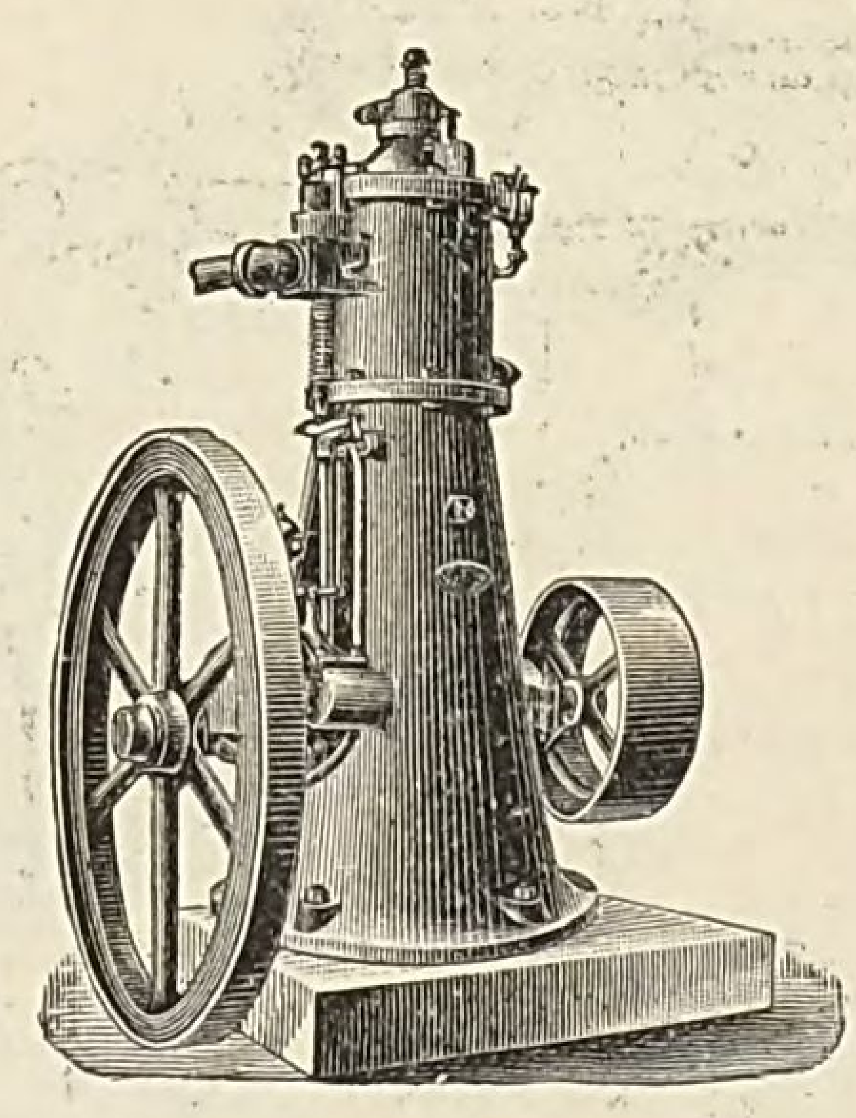


Fig. 199.

Zur Zuführung des Petroleums zur Maschine dient eine kleine, an der Maschine befestigte Petroleumpumpe (Figur 203), welche folgendermassen wirkt.

a ist der Zuführungskanal für Petroleum. Befindet sich der Kolbenschieber b in seiner untersten Stellung, so strömt Petroleum durch die Kanäle c c des Kolbens in den Raum d des Cylinders. Wird der Kolben

nach oben gedrückt, so bewegt sich die wagerechte Durchbohrung c zunächst über die obere Manschette i und bewirkt den Abschluss; dadurch wird die Verbindung zwischen Raum d und Kanal a unterbrochen. Beim weiteren Aufwärtsgange des Kolbens wird die Petroleumsäule in d nach oben gefördert; das Ventil e hebt sich und eine genau abgemessene Menge Petroleum wird nach dem Zerstäuber gefördert. Hat der Kolben seinen höchsten Stand erreicht, so schliesst sich das Ventil e wieder. Die Feder k zieht den Kolben

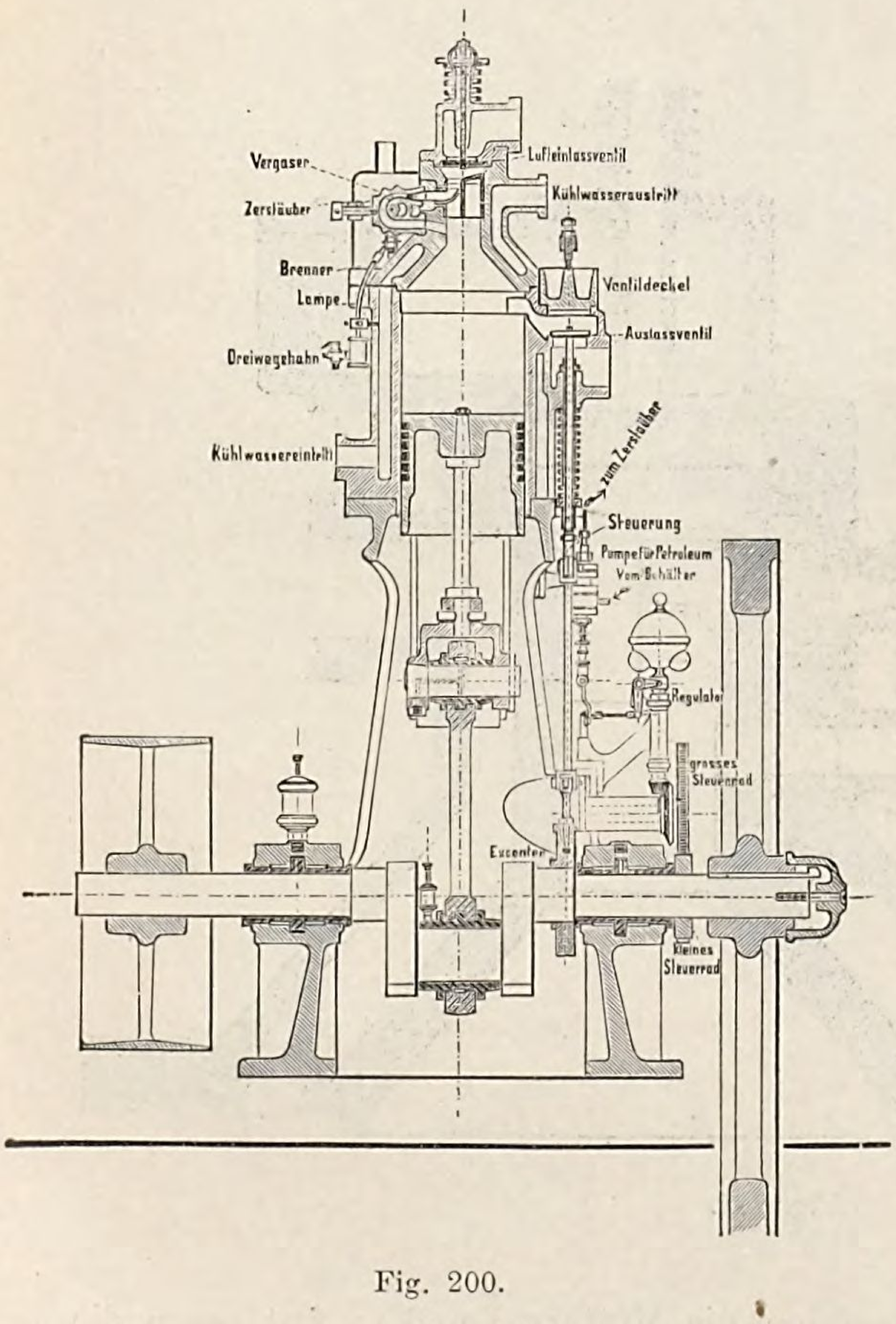


Fig. 200.

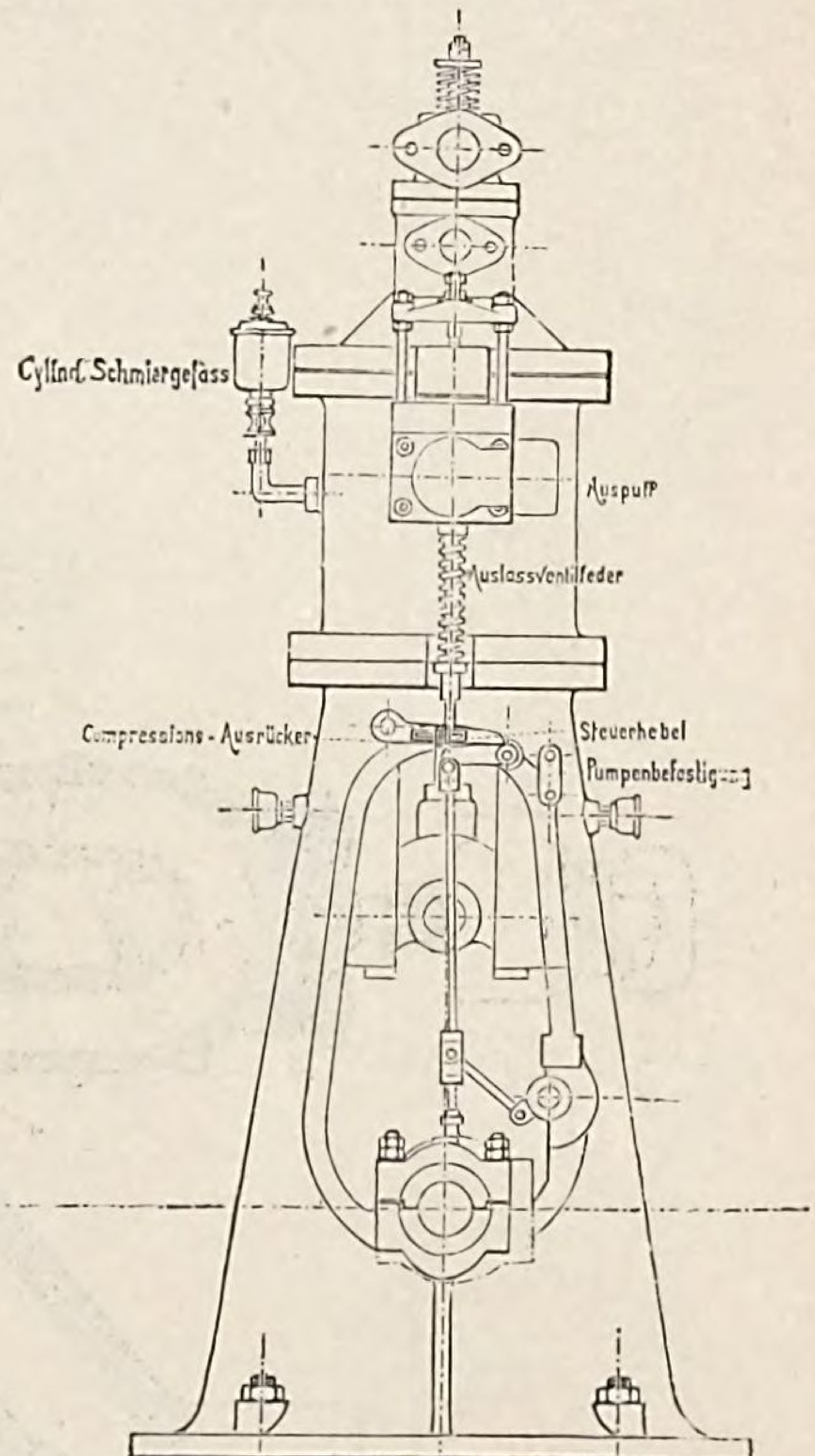


Fig. 201.

wieder nach unten, bis derselbe durch den Anschlag s wieder zur Ruhe kommt. In dieser Stellung ist die Verbindung zwischen d und a wieder hergestellt und Raum d füllt sich durch die Kanäle c c von Neuem. r ist ein Filter aus Drahtgaze (Drahtgazescheiben), welcher von Zeit zu Zeit herauszunehmen und in Petroleum zu reinigen event. zu erneuern ist. Die Manschetten i und Dichtungen h und h′ sind aus präparirtem Leder; dieselben sind sehr dauerhaft, können aber im Bedarfsfalle leicht ausgewechselt werden.

Die geförderte Petroleummenge richtet sich nach der Grösse der Bewegung, welche der Kolben b vollführt. Geht der Kolben ganz nach oben, so ist die geförderte Menge eine grosse. Bewegt er sich jedoch weniger hoch, so ist die Menge entsprechend kleiner. Die Grösse der Bewegung kann nun genau bestimmt werden durch die Mutter n. Will man mehr Petroleum fördern, so wird die Mutter n nach rechts, will man weniger geben, nach links gedreht. Um die Mutter verstellen zu können, müssen erst die beiden Gegenmuttern l und m gelöst werden. Nachdem die Pumpe auf die richtige

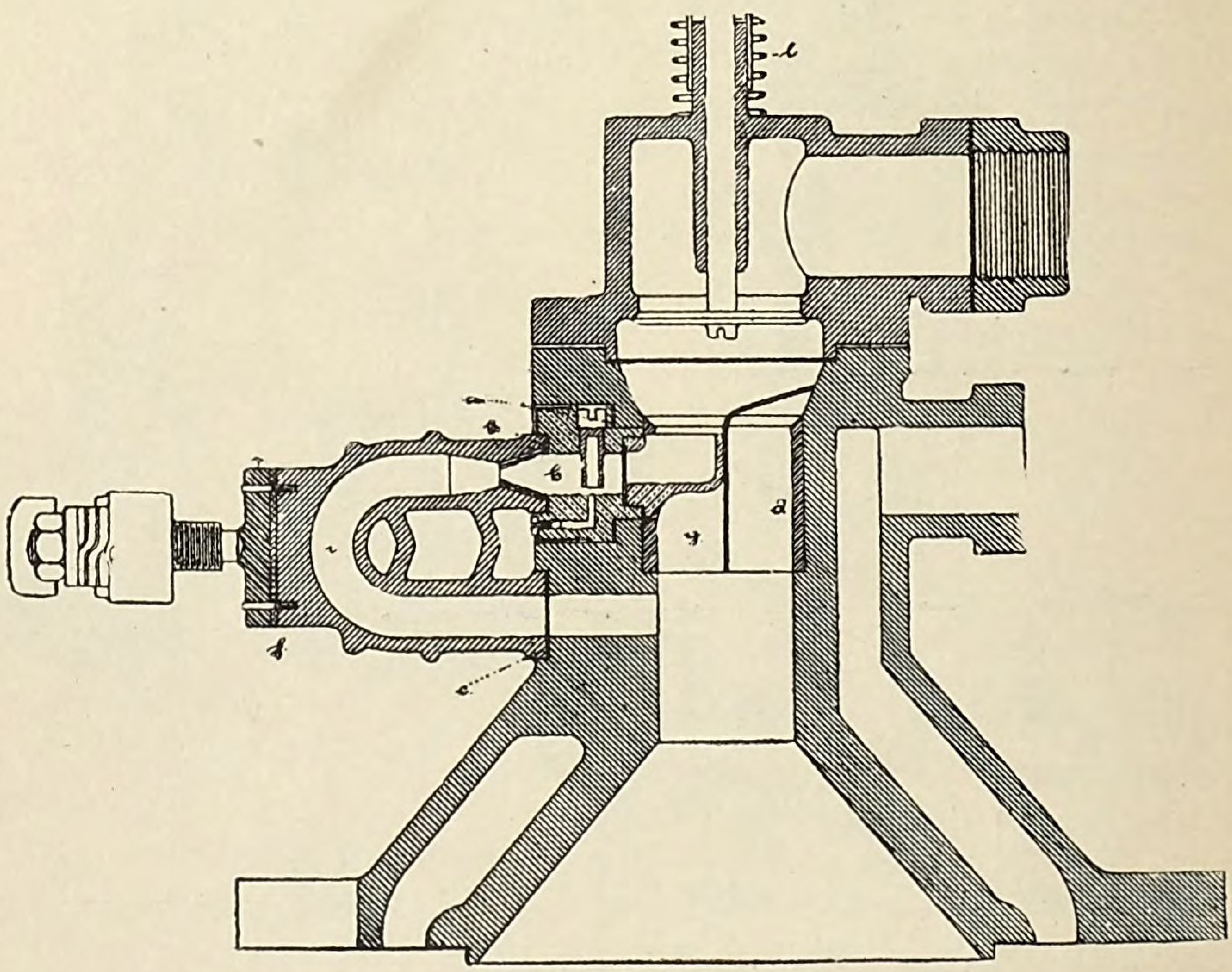


Fig. 202.

Menge eingestellt worden ist, werden die Muttern l und m fest gegen die Mutter n angezogen. Die Stange o dient zum Anheben, indem die Excenterstange unter die Schneide q fasst und den Kolben nach oben schiebt. Der Regulator ist mit der Stange p verbunden und bewirkt bei zu schnellem Gange, dass die Stange o in solche Lage gebracht wird, dass die Excenterstange die Pumpe nicht bethätigen kann. Bei g ist das Druckrohr angeschlossen, welches nach dem Zerstäuber führt. Das Ventil e ist aus glashartem Stahl hergestellt.

Bei einem, mit einer Grob'schen Petroleumlokomobile in Lausen vom 8. bis 12. Mai 1893 angestellten Versuch ergaben sich folgende Werthe:

Nominelle PS.-Zahl	8
Cylinderdurchmesser und Hub	230 mm
Kompressionsraum	4,17 cbdm
Durchmesser des Schwungrades	1360 mm
Breite desselben	105 „
Gewicht der Maschine ohne Kühlwasser	2820 kg
„ „ „ mit „	3020 „

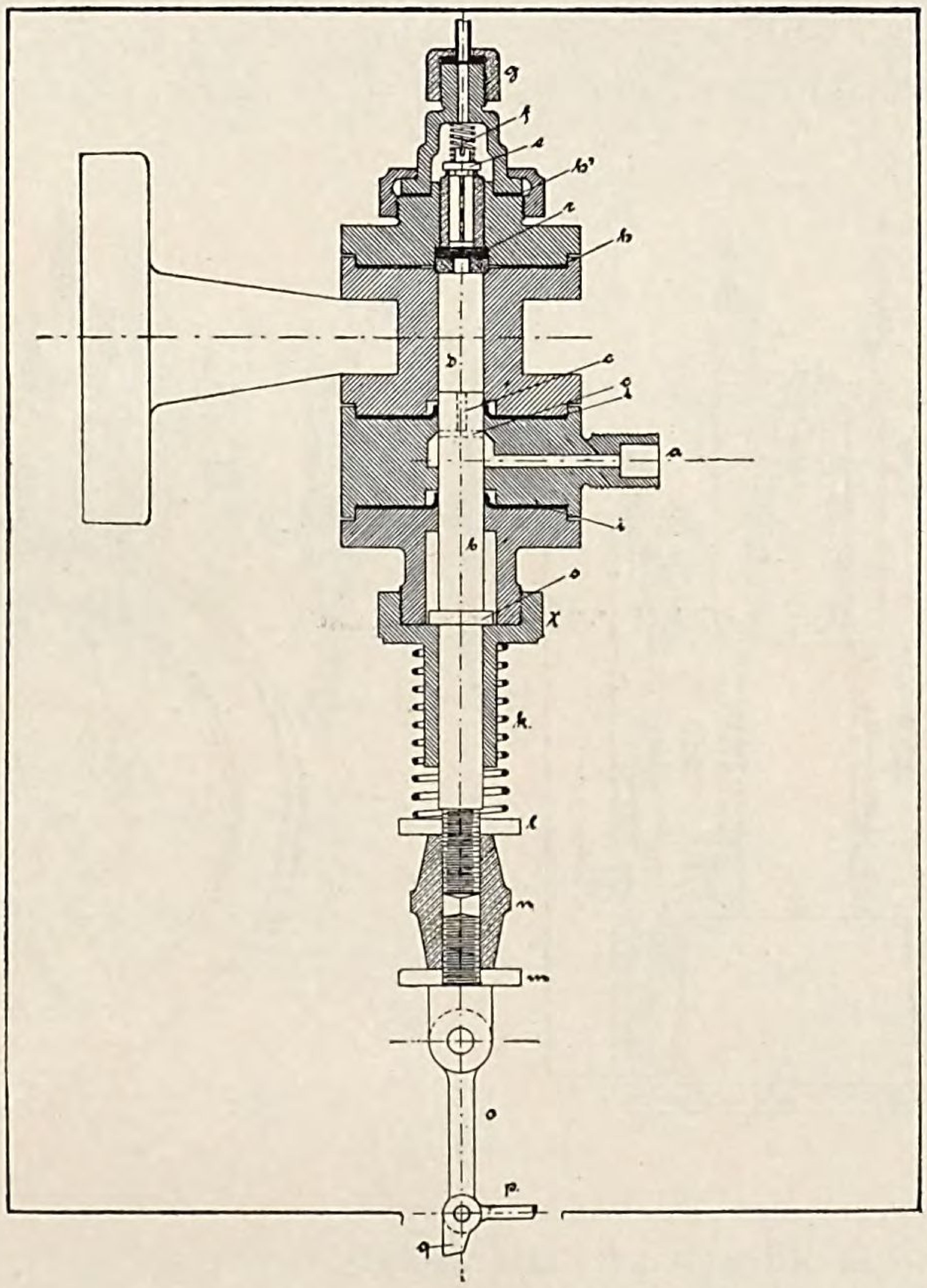


Fig. 203.

Preis der Maschine	4100 M.
Grösste indizirte Leistung	12,9 PS.
Petroleumverbrauch für 1 ind. St.-PS.	0,38 l
Grösste Bremsleistung bei 288 Umdrehungen . .	10,9 PS.
Petroleumverbrauch für 1 eff. St.-PS.	0,45 l.

Gasmaschine der Sintz Gas Engine Co. in Grand Rapids, Mich. (Figg. 204—208). Diese, auf der Weltausstellung zu Chicago ausgestellte Maschine arbeitet im Zweitakt und wird durch explosible Gemische von

Luft und Gasolin betrieben. Zur Bildung derselben wird das Gasolin aus einem, womöglich ausserhalb des Maschinenraums aufgestellten Behälter mittelst einer kleinen Gasolinpumpe angesaugt, welche durch ein auf der Kurbelwelle sitzendes Excenter bewegt wird.

Ein, in dem einen der beiden Schwungräder angebrachter Schwungradregulator, dessen Konstruktion aus Fig. 207 zu ersehen ist, wirkt auf das besagte Excenter, indem er die Excentricität desselben durch Verdrehung auf der Kurbelwelle verändert, wodurch auch der Hub des Gasolinpumpenkolbens verändert und je nach dem Kraftbedarf der Maschine eine grössere oder kleinere Menge von Gasolin in den Cylinder gedrückt wird. Der letztere

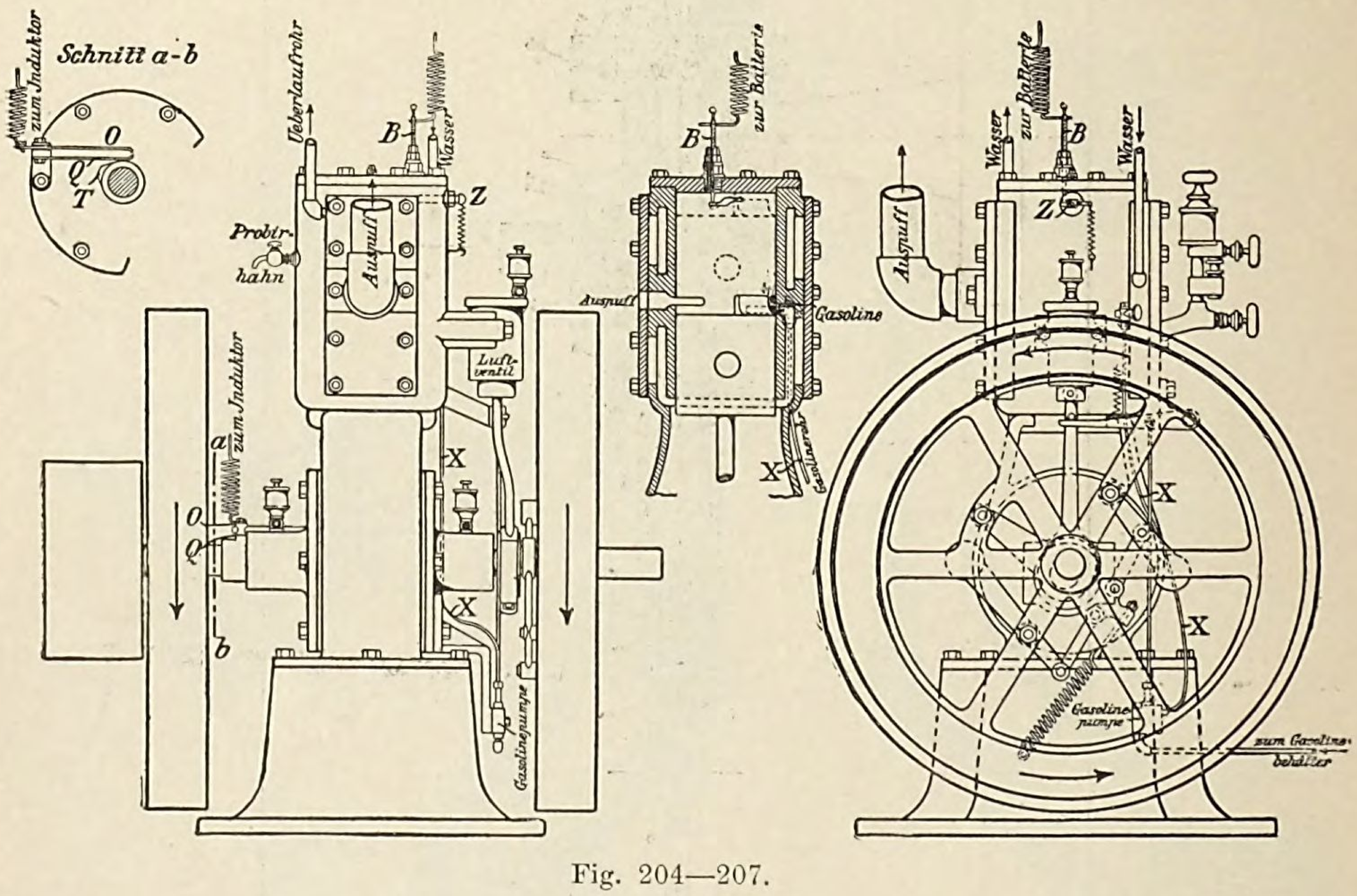


Fig. 204—207.

hat ungefähr in der Mitte zwei Kanäle, den Einströmungskanal für die Luft und das Gasolin, sowie den Auspuffkanal (Fig. 206). Ist der Kolben nach erfolgter Explosion niedergegangen, so strömen die Verbrennungsprodukte etwa nach $^7/_8$ des Hubes aus, worauf erst das Luftventil geöffnet wird und eine neue Ladung frischer Luft und Gasolin in den Cylinder eintritt, welche beim Wiederaufgang des Kolbens verdichtet wird. Ein am Kolben gegenüber der Luft- und Gasolineinströmungsöffnung angebrachter ringförmiger Flansch bewirkt eine Ablenkung der einströmenden Ladung nach oben. Die Zündung geschieht elektrisch durch folgenden Mechanismus.

Auf einer kleinen, gasdicht in die Cylinderwand eingesetzten Drehachse Z sitzt im Innern ein ungleicharmiger Hebel, welcher durch einen ausserhalb angebrachten, einarmigen Hebel und eine Feder derartig angespannt ist, dass

sein längerer Hebelarm sich an die in den Cylinderdeckel eingelassene, isolirte und mit der Batterie verbundene Schraube B anlegt. Beim Aufgang stösst nun der vorerwähnte Flansch des Kolbens gegen den kürzeren Hebelarm an, und unterbricht dadurch den Kontakt zwischen dem längeren Arm und der Schraube. Da in demselben Moment durch einen auf der Schwungradwelle sitzenden Nocken T (Fig. 204) der Strom zwischen den beiden isolirten, messingnen Blattfedern O und Q′ geschlossen wird, so springt zwischen der Schraube B und dem längeren Hebelarm im Cylinder ein Unterbrechungsfunke über, welcher die Zündung der Ladung bewirkt.

Die vorstehend beschriebene Ausstellungsmaschine hatte eine nominelle Leistung von 6 PS., einen Cylinderdurchmesser von nur 125 mm, einen Kolbenhub von 150 mm und lief mit 360 Umdrehungen in der Minute.

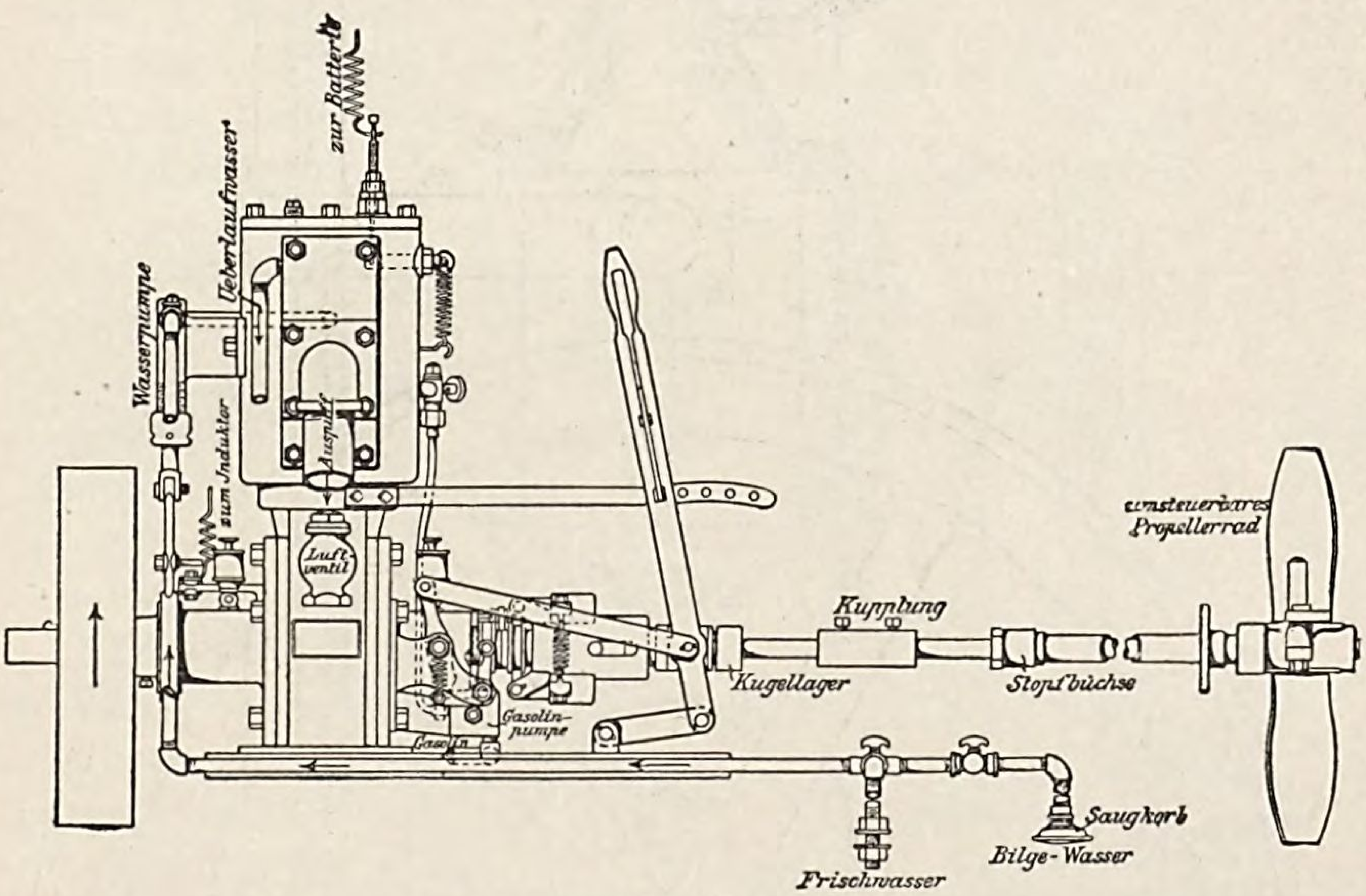


Fig. 208.

Eine von derselben Firma ausgestellte, zum Betrieb eines kleinen Bootes dienende 2pferdige Maschine (Fig. 208) zeigt im Wesentlichen dieselbe Konstruktion wie die stationäre Maschine, hat jedoch einen eigenartigen Mechanismus zur Veränderung der Geschwindigkeit des Bootes.

Mittelst des Steuerhebels können nämlich die Flügel der Schiffsschraube verdreht werden, wobei dieselben für die Maximalleistung die stärkste Verdrehung gegen die Drehungsebene erhalten, für den Stillstand des Schiffes dagegen genau in die senkrecht zur Wellenachse liegende Drehungsebene gestellt werden, so dass sie das Wasser durchschneiden, ohne das Schiff fortzubewegen. Für den Rückwärtsgang werden die Flügel durch Umlegen des Hebels nach der entgegengesetzten Richtung gedreht. Durch stärkeres oder schwächeres Verdrehen der Schraubenflügel kann somit die Schiffsgeschwindigkeit zwischen der Maximalgeschwindigkeit und dem Stillstand vermindert

werden. Ausserdem wird jedoch auch durch Verstellung einer, auf den Kolben der Gasolinpumpe wirkenden Daumenscheibe die Menge des in den Cylinder eingeführten Gasolins und dadurch die Leistung der Maschine, also auch die Schiffsgeschwindigkeit verändert. Die Zündung der Ladung geschieht genau in derselben Weise wie bei der stationären Sintz'schen Maschine.

Petroleummotor System „Capitaine" von Swiderski in Leipzig. Derselbe ist in den Figuren 209 und 210 in der Seitenansicht und im Vertikal-

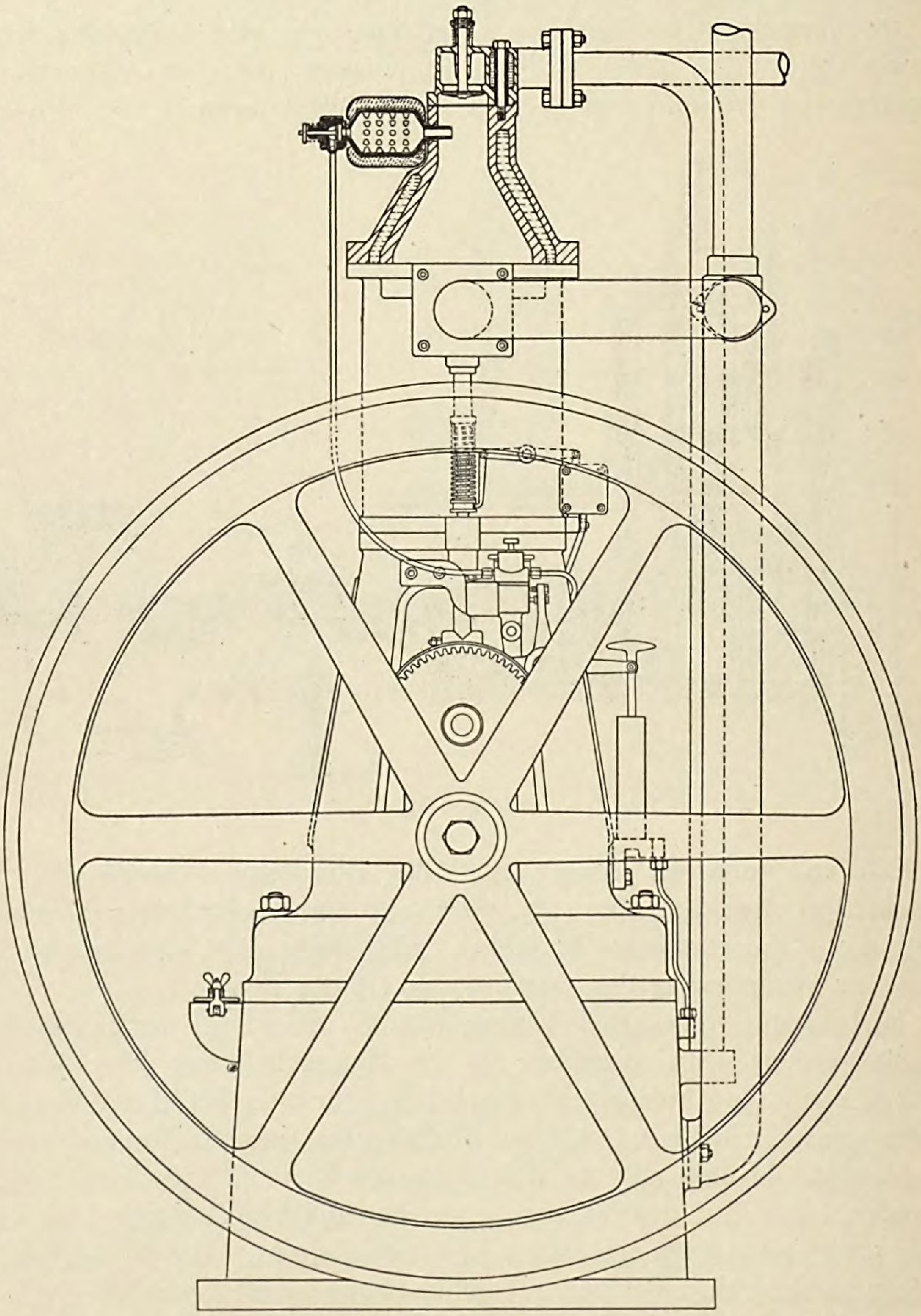


Fig. 209.

querschnitt dargestellt. Auf dem verhältnissmässig langen und mit einem Kühlmantel umgebenen, stehenden Cylinder sitzt eine konische Haube, welche am oberen Ende das Luftsaugeventil und direkt unter demselben den Vergaser trägt, in welchem das durch eine kleine Petroleumpumpe und ein dünnes Zuleitungsrohr herbeigeschaffte Petroleum vergast wird. Dasselbe strömt sodann durch ein enges Rohr in den oberen cylindrischen Aufsatz der Haube ein, wo es sich mit der senkrecht nach unten in den Cylinder strömenden Luft mischt.

Das Petroleum gelangt in zerstäubtem Zustand in den Vergaser und wird dort vergast. Bei seiner Mischung mit der von aussen einströmenden kalten Luft wird es jedoch wieder verdichtet und es bildet sich im Cylinder eine Mischung von Luft und äusserst fein vertheilten Petroleumtheilchen (eine Art Petroleumnebel). Bei der Kompression dieses Gemisches tritt ein Theil davon in den Vergaser zurück, und es findet hierauf die Entzündung der Ladung gegen Ende der Kompression kurz vor der oberen Todpunktlage des Kolbens statt. Zahlreiche Versuche und Beobachtungen haben ergeben, dass sowohl die Form als auch der Inhalt des Vergasers auf den Moment der Zündung von geringem Einfluss, der Kompressionsgrad und die Menge der durch den Vergaser streichenden Luft aber von grossem Einfluss sind. Die Veränderung der Leistung des Motors wird daher durch die Menge der

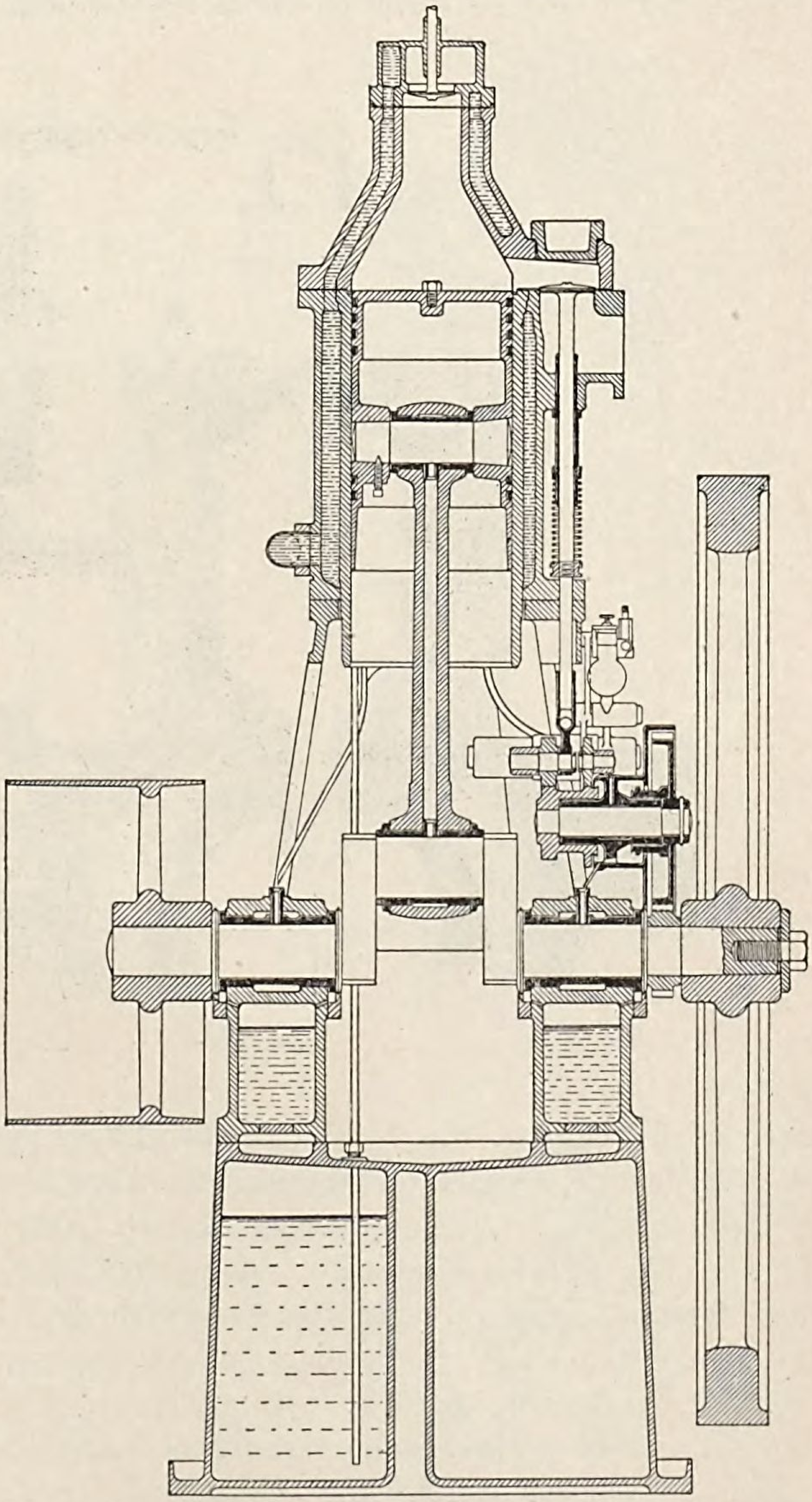


Fig. 210.

durch den Vergaser hindurchgesaugten Luft, d. h. also durch die Veränderung des Mischungsverhältnisses bewirkt, da die Petroleumpumpe so konstruirt ist, dass sie nach einmaliger Einstellung für eine bestimmte mittlere Petroleummenge stets dieselbe Menge in den Vergaser schafft.

Die Erhitzung des letzteren geschieht durch eine, gleichfalls mit Petroleum gespeiste Lampe, welche unter ihm brennt. Dieselbe soll bei normalem Betrieb die Temperatur des Verdampfers auf 300—400° C. erhalten. Um eine stärkere Erwärmung desselben, welche eine raschere Abnutzung desselben, sowie eine zu frühe Zündung der Ladung zur Folge haben würde, zu

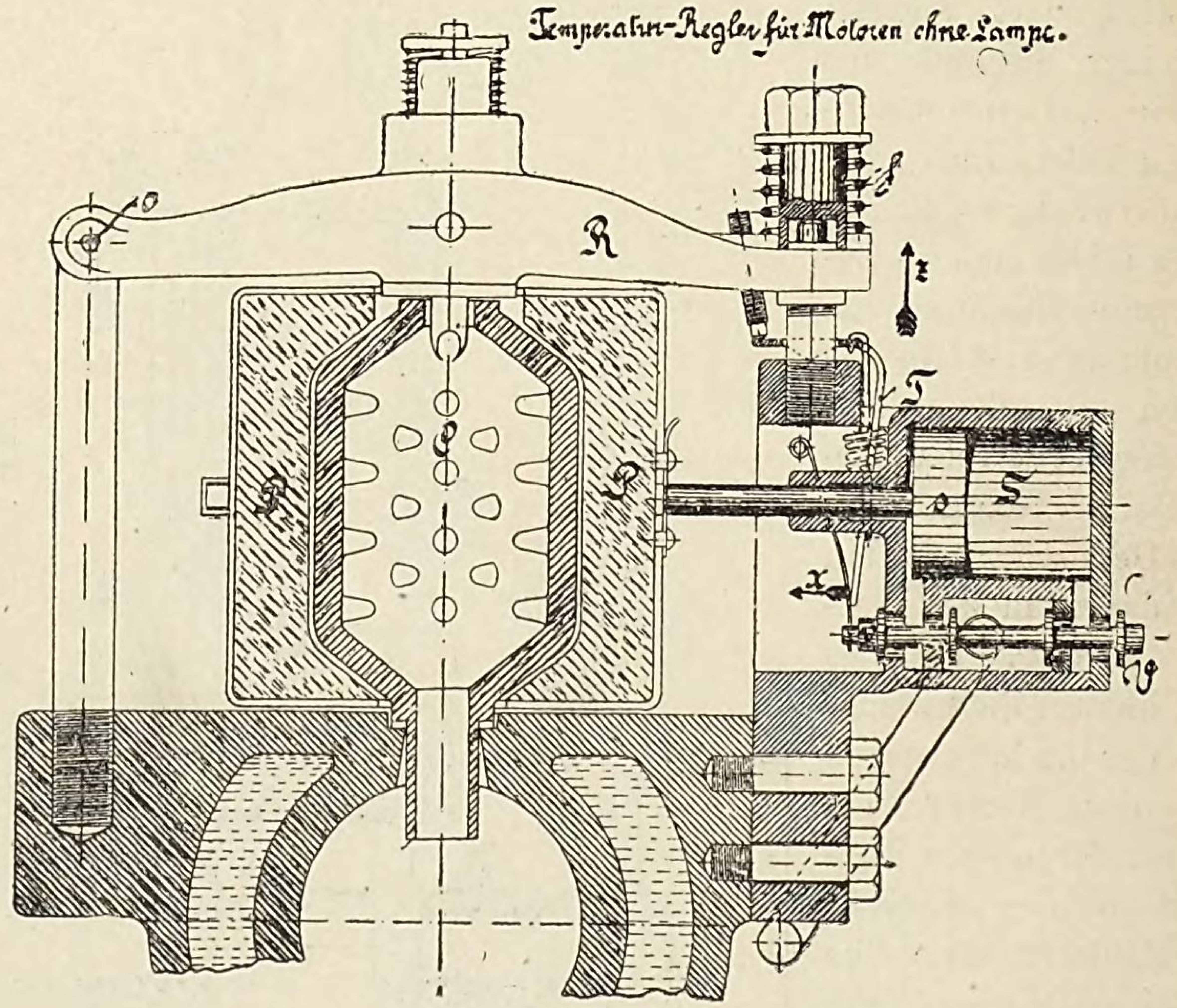


Fig. 211.

vermeiden, bewirkt die bei zu starker Erwärmung auftretende Ausdehnung des Verdampfers einen vorübergehenden Abschluss der zur Lampe führenden Petroleumleitung. Diese mit dem Namen „Temperatur-Regler“ bezeichnete und in Fig. 211 im Querschnitt dargestellte Einrichtung besteht aus dem, das Zerstäubungsventil enthaltenden Querbalken R, welcher am einen Ende um den festen Punkt O drehbar ist, am anderen durch eine Feder f gegen den Verdampfer C gedrückt wird. Eine in das freie Ende von R schräg eingeschraubte Stellschraube drückt auf das kürzere Ende eines Winkelhebels T, welcher durch eine Schraubenfeder stets gegen die Stellschraube angezogen wird und mit seinem längeren Ende auf eine, die Ventilstange v

hin und her bewegende Flachfeder drückt. Dehnt sich nun der Verdampfer in Folge zu starker Erwärmung aus, so bewegt sich das freie Ende von R in der Richtung des Pfeiles z, die Blattfeder dagegen in der Richtung des Pfeiles x, wodurch die Ventilstange v nach links bewegt wird. Das Uebersetzungsverhältniss zwischen der Längenausdehnung des Verdampfers und der Verschiebung beträgt ca. 1 : 15.

Die Wirkungsweise der vier Ventile V und des in dem Saugcylinder S befindlichen, leicht verschiebbaren Kolbens s auf die beiden, den Verdampfer umgebenden und ihn gegen Wärmeausstrahlung sehr gut schützenden Isolirmäntel P ist folgende. Während in der gezeichneten Stellung der Ventile V der rechts vom Kolben s befindliche Raum mit der äusseren Luft, der linke Raum dagegen durch ein in die innere Ventilkammer mündendes, in der Figur schräg stehendes Rohr mit der Luftsaugleitung in Verbindung steht, wird durch eine Verschiebung der Ventile um nur 1 mm nach rechts die Verbindung zwischen dem rechten Kolbenraum und der Saugleitung, bezw. dem linken Kolbenraum und der äusseren Luft hergestellt, der Kolben s daher in Folge der Druckdifferenz zwischen der linken und rechten Seite nach rechts verschoben oder nach aussen gesaugt, wodurch aber auch die untereinander durch Doppelhebel verbundenen und dadurch in entgegengesetzter Richtung beweglichen beiden Isolirmäntel P vom Verdampfer entfernt werden, so dass die äussere Luft auf die Oberfläche desselben stark abkühlend wirken kann und die Temperatur im Verdampfer erniedrigt, bis dieselbe wieder auf die normale Temperatur gesunken ist. Durch den in der Mitte des Hebels R befindlichen Absperrstift wird zugleich bei wachsender Ausdehnung des Verdampfers ein in die Petroleumleitung der Lampe eingeschaltetes Ventil derartig bewegt, dass die zur Lampe fliessende Petroleummenge allmählich abnimmt. Durch den gemeinsamen Einfluss beider Vorrichtungen wird somit die weitere Erwärmung des Verdampfers verhindert, derselbe also auf seine normale Temperatur abgekühlt.

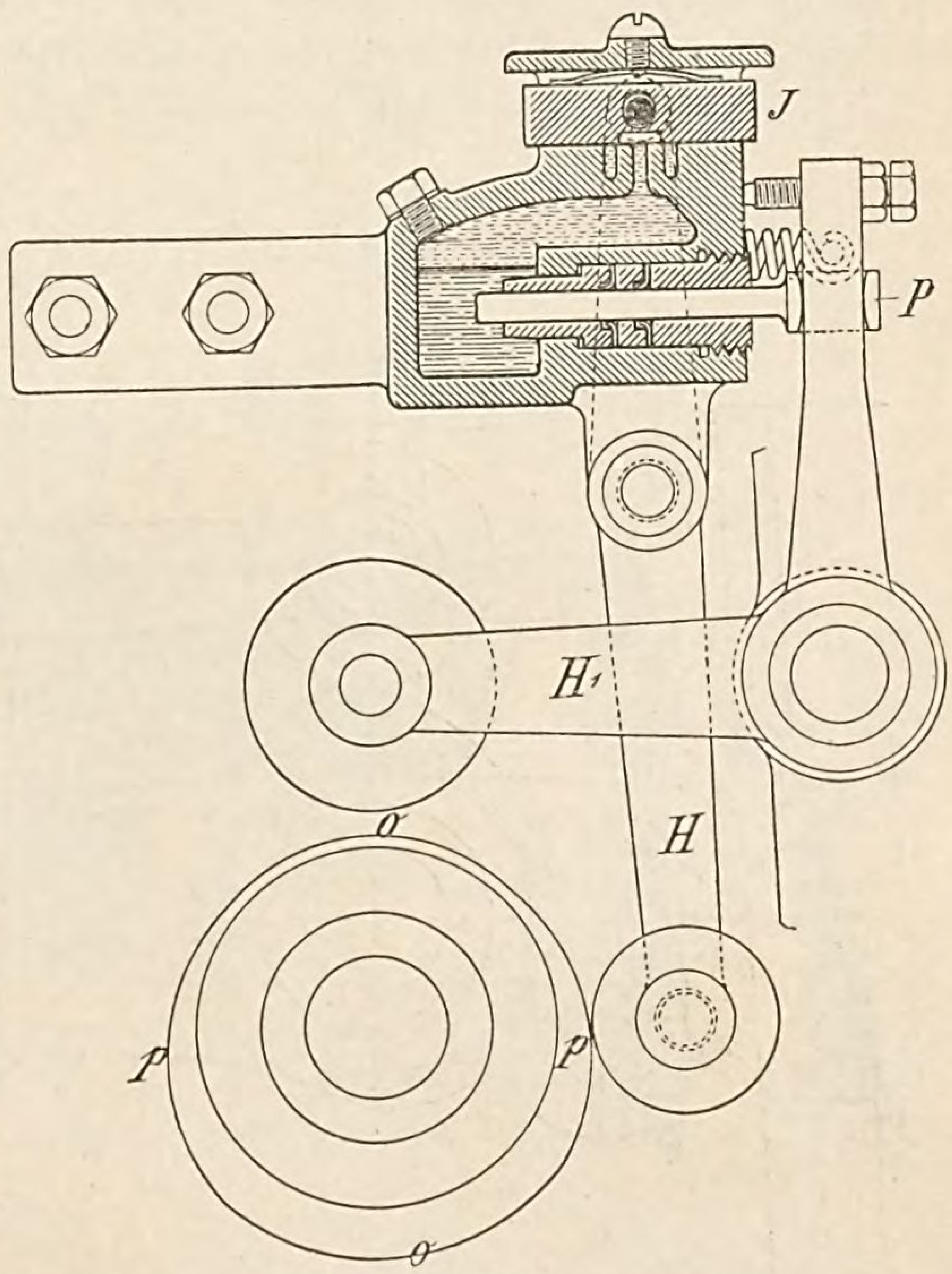


Fig. 212.

Wie bereits erwähnt, wird das Petroleum durch eine auf eine bestimmte

für jede Ladung erforderliche Petroleummenge eingestellte kleine Pumpe (Fig. 212) in den Verdampfer geschafft. Dieselbe besteht aus dem oben mit Petroleum und unten mit Glycerin gefüllten Cylinder, in welchen ein langer, durch den Winkelhebel H_1 horizontal hin und her bewegter und durch zwei Ledermanschetten in einer langen Stopfbüchse abgedichteter massiver Plungerkolben P hineinragt. Der Cylinder steht durch einen Kanal mit der Höhlung eines auf dem Schieberspiegel horizontal hin und her beweglichen Schiebers J in Verbindung. Vom Schieberspiegel führt je ein Kanal zur Petroleumsaugleitung bezw. Druckleitung, deren erstere zum Petroleumbehälter im Sockel der Maschine (vergl. Fig. 210), deren letztere zum Zerstäubungsventil am Verdampfer führt. Die Hin- und Herbewegung des Schiebers geschieht durch den doppelarmigen Hebel H. Dieser sowie der Hebel H_1 wird durch eine unrunde Scheibe bewegt, welche am äusseren Umfang aus vier Viertelkreisbögen o o und p p besteht, von welchen die beiden ersteren (oo) konzentrisch zum Mittelpunkt der Drehachse sind, die beiden anderen (p p) dagegen allmählich aus dem oberen in den unteren Bogen überführen. Während die

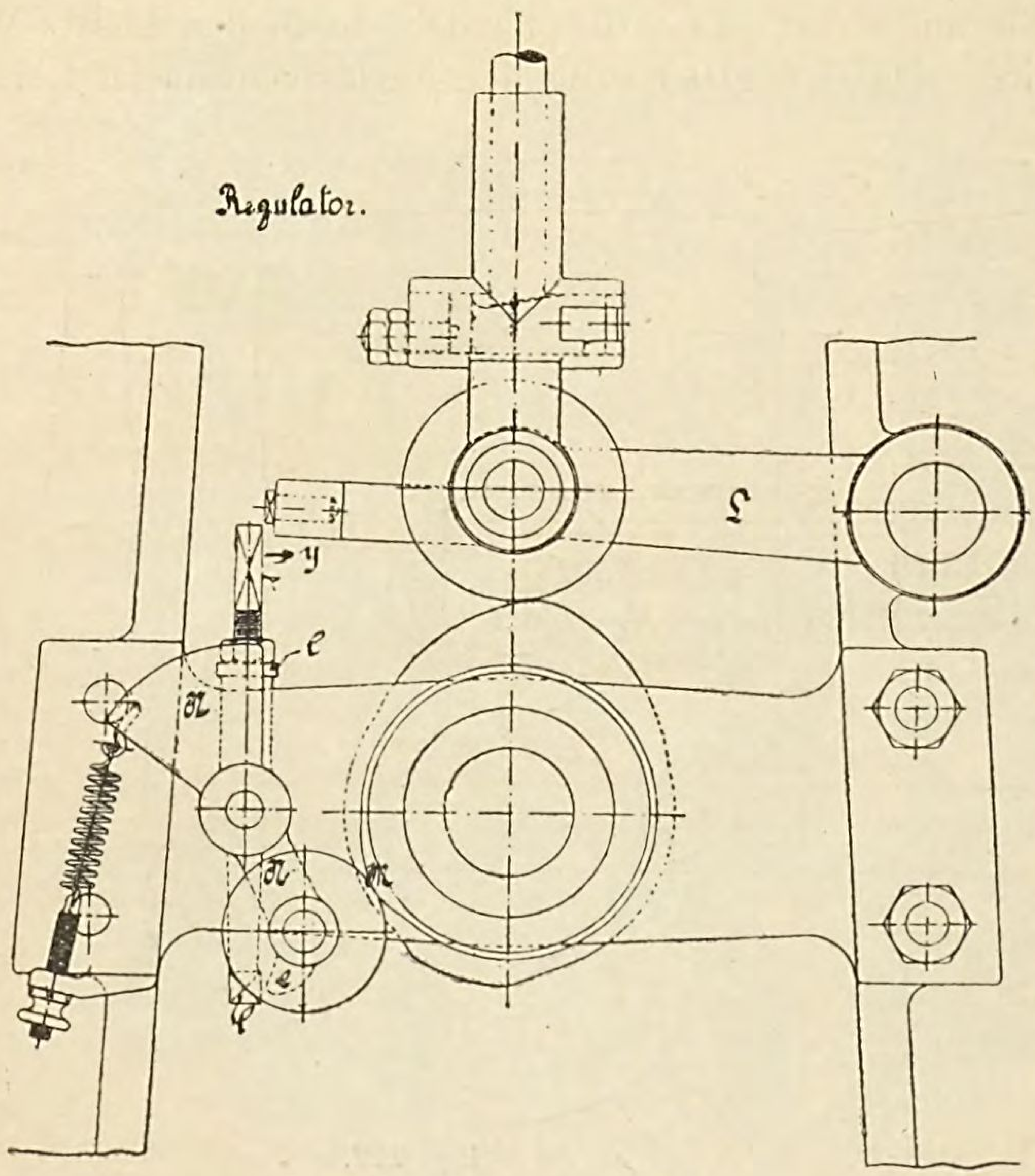


Fig. 213.

eine Rolle auf einem konzentrischen Bogen rollt, also der zugehörige Hebel nicht bewegt wird, findet eine Hebung oder Senkung des anderen Hebels statt und umgekehrt, wodurch erreicht wird, dass der Schieber J stillsteht, während der Kolben saugt oder drückt und umgekehrt letzterer in Ruhe ist, wenn der Schieber auf dem Schieberspiegel verschoben wird. Die am oberen Ende des Winkelhebels H_1 befindliche Stellschraube wird vermittelst einer darunter befindlichen Schraubenfeder stets fest gegen den Cylinder angezogen und zu Anfang des Betriebs auf einen bestimmten Kolbenhub, also auch auf eine bestimmte Petroleummenge für jeden Hub eingestellt.

Die Regulirung der Geschwindigkeit der Maschine geschieht durch den

auf das Auslassventil wirkenden Pendel-Regulator (Fig. 213). Auf der Steuerwelle sitzen zwei unrunde Scheiben, deren hintere, mit zwei Erhöhungen versehene, die Auslassventilstange und den am unteren Ende desselben befindlichen mit einer Klinke versehenen Hebel L hebt, während die vordere Scheibe nur eine kleine Erhöhung M besitzt, mittelst deren sie die Rolle des Pendelregulators N N zur Seite wirft. Der letztere wird durch eine verstellbare Feder gegen die unrunde Scheibe angedrückt. Am unteren Ende des Pendels N N befindet sich noch eine kleine Nase e, welche den um dieselbe Drehachse wie der Pendelregulator schwingenden Doppelhebel 11 in der Richtung des Pfeiles y gegen die Ventilstange zu bewegt, sobald bei zunehmender Geschwindigkeit die Rolle am unteren Ende des Pendels durch den Ansatz M nach links geworfen wird. Da sich gleichzeitig der Auslassventilhebel L in

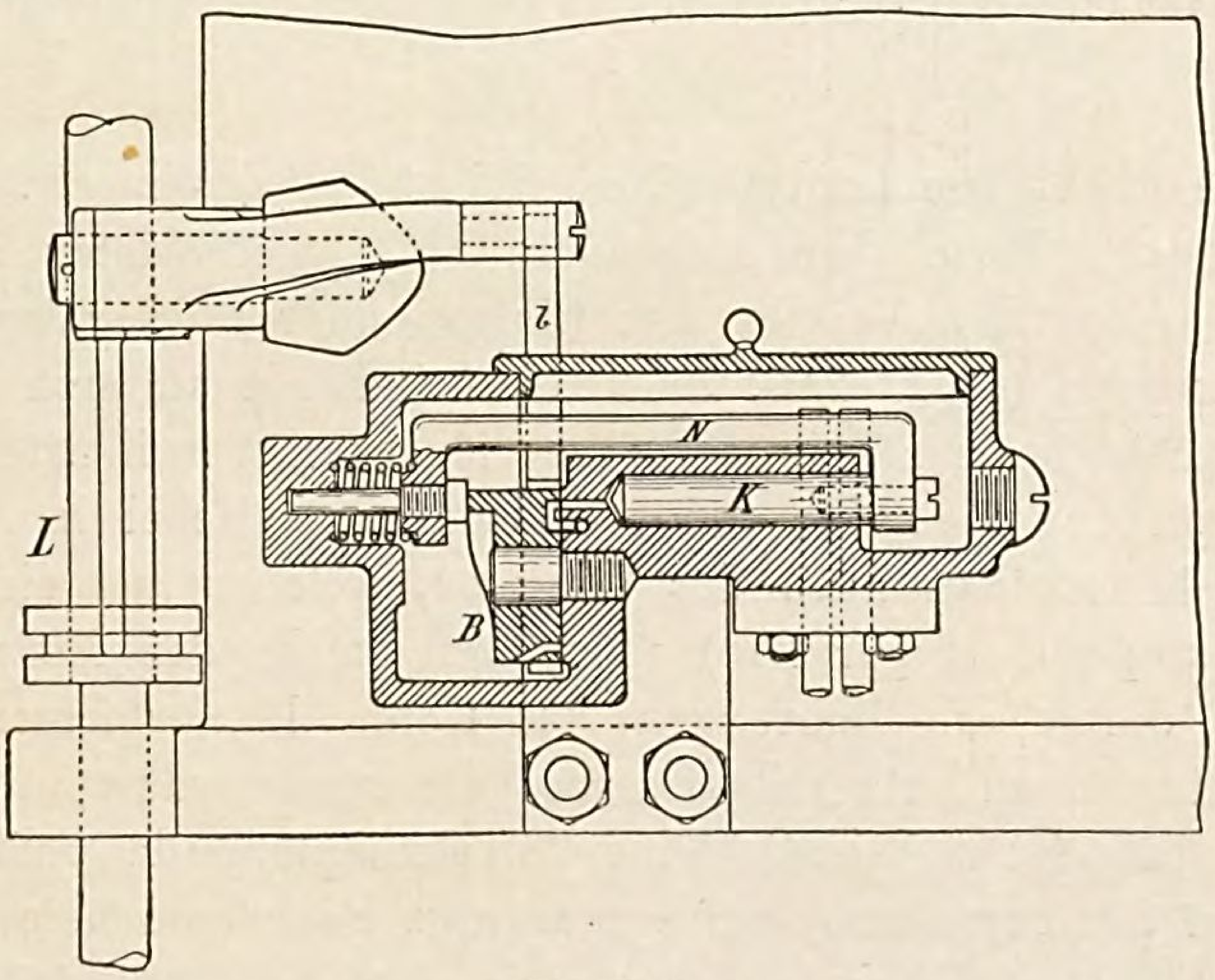


Fig. 214.

seiner höchsten Lage befindet, so kommt die am oberen Ende der Stange 11 befestigte vierkantige Schneide unter die am Ende des Ventilhebels L befindliche Schneide und hält somit das Auslassventil während einer ganzen Periode offen, sodass keine Einströmung, also auch keine Explosion stattfinden kann. Durch Veränderung der Länge der Schneide in der Stange 11 und stärkeres oder geringeres Anspannen der Feder des Pendels kann die Tourenzahl der Maschine genau ausregulirt werden.

Eine vierte Eigenthümlichkeit des Capitaine'schen Motors ist die in Fig. 214 im Querschnitt dargestellte Schmierpumpe, welche durch die auf und nieder gehende Auslassventilstange L bewegt wird. Zu diesem Zwecke trägt dieselbe eine Nuth, in welche das untere Ende eines um einen horizontalen Drehzapfen drehbaren, doppelarmigen Hebels eingreift, an dessen anderem Ende die in den Oelbehälter hineinragende, am unteren Ende mit einer Sperr-

klinke versehene Stange b befestigt ist. Die letztere greift in die Zähne eines mit einer Lauffläche B versehenen kleinen Zahnrades, welches sich im Innern des Oelbehälters um einen horizontalen Zapfen dreht. Hierbei stösst die Lauffläche B gegen die U-förmig gebogene Stange N, an deren rechtem Ende der Oelkolben K befestigt ist, während sich dieselbe links gegen eine Feder legt, wodurch eine beständige Berührung zwischen der Stange und der Lauffläche B bewirkt wird. Wird nun durch den Sperrklinkenmechanismus das kleine Zahnrad gedreht, so wird der Kolben K langsam hin und her bewegt, wobei er zunächst durch den (unterhalb des Buchstabens B sichtbaren) schrägen Kanal Oel aus dem Innern des Gehäuses in den Cylinder einsaugt und dasselbe sodann bei der, in der Figur gezeichneten Stellung durch den Umlaufkanal in die zur Maschine führende Druckleitung schafft, aus welcher dasselbe den einzelnen zu schmierenden Gelenken etc. zugeleitet wird. Durch den das Gehäuse abschliessenden Deckel wird das Oel von Zeit zu Zeit nachgefüllt.

Petroleummotor von Ludwig Nobel in St. Petersburg[1]). Derselbe ist in seiner äusseren Form dem stehenden Otto'schen Motor ähnlich. Die zur Steuerung dienenenden Ventile, das Einlass- oder Rückschlagventil R und das Auspuffventil H (Figg. 215 und 216), sind am unteren Cylinderende in zwei, symmetrisch zur Cylinderachse liegenden Ventilkästen angebracht und werden von der Maschine durch Nocken und Hebel bewegt. In dem Einlassventilgehäuse liegt auch der Vergaser, welcher aus einem, von den Gasen der Lampe K (Figur 215) umspülten, stehenden Rohr besteht, in welchem das durch die Bohrungen des Konus B ausfliessende und von der bei L eintretenden Luft mitgerissene Petroleum verdampft wird. Ueber dem Vergaser befindet sich eine kleine Petroleumpumpe P, welche das durch das Rohr D in den Petroleumhahn N fliessende Petroleum beim Aufgang des Kölbchens ansaugt und beim Rückgang in den Vergaser drückt. In dem Raum unter dem Vergaser befindet sich die Flamme K, welche das Glührohr S erwärmt und mittelst einer horizontalen Schraube verstellt werden kann, wodurch die Glühzone des Glührohrs verlegt werden kann. Durch die Flamme K wird aber auch der Vergaser erwärmt. Unter dem Brenner K befindet sich eine Schale F, welche beim Anlassen der Maschine mit Spiritus gefüllt wird, durch dessen Verbrennung der Brenner zunächst angewärmt wird. Durch das vom Petroleumhahn N nach unten führende Röhrchen D_1 (Fig. 216) wird der Brenner während des Betriebes mit Petroleum gespeist.

Die Regulirung geschieht durch Ausfallen der Ladungen. Unter der von der Kurbelwelle durch 2 Zahnräder (vom Verhältniss 1 : 2) angetriebenen Steuerwelle (Fig. 215) liegt eine zweite Welle n_1, auf welcher die Doppelhebel

[1]) Freytag, F., Die Gasmotoren und Kleinmotoren auf der Weltausstellung in Chicago. Zeitschr. d. Ing. 1893, p. 1508.

su und wv drehbar angebracht sind. Die beiden Hebel dienen zur Bewegung des Auslass- bezw. Rückschlagventils und der Petroleumpumpe und werden

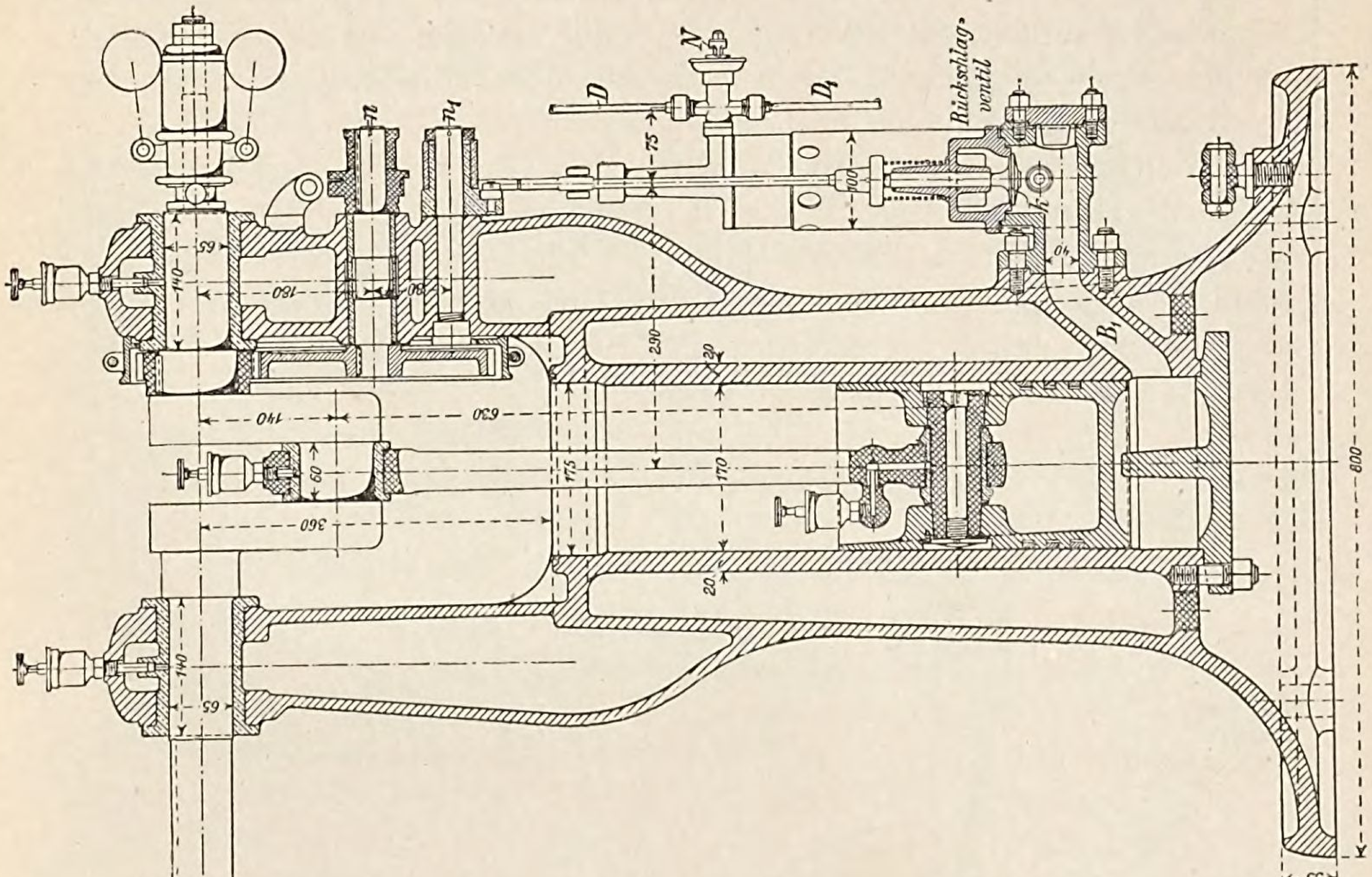


Fig. 216.

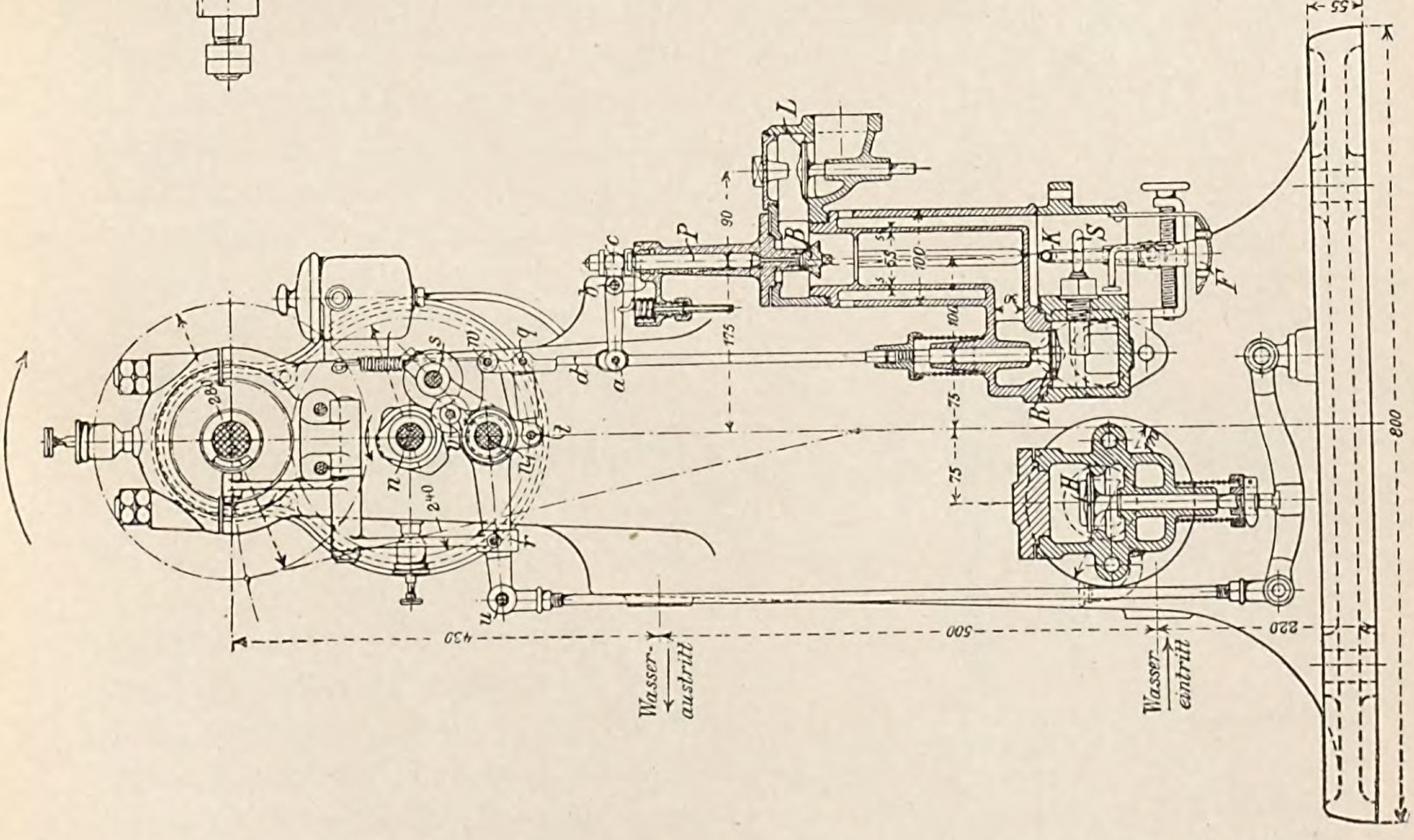


Fig. 215.

durch 2 auf der Welle n sitzende Nocken bewegt. Bei r greift ein, von dem auf der Kurbelwelle sitzenden Regulator bewegter Haken an den Hebel-

arm n_1u an. Der Finger wq kann durch die Stange tq aus seiner lothrechten Lage gebracht werden, sodass er beim Niedergang nicht auf die Stange ad stösst und weder das Rückschlagventil R öffnet, noch den Kolben P der Petroleumpumpe hebt. Bei zu grosser Geschwindigkeit der Maschine fängt der Haken r den Hebel n_1u in seiner höchsten Stellung ab, sodass das Auslassventil geöffnet bleibt, während wie soeben erwähnt, das Rückschlagventil und Luftventil nicht geöffnet wird. Es wird mithin solange keine neue Ladung angesaugt, sondern nur ein Theil der Verbrennungsprodukte aus dem Auspufftopf bezw. der Auspuffleitung zurückgesaugt, als der Haken den Hebel n_1u in seiner höchsten Lage hält. Die Regulirung geschieht mithin in ganz ähnlicher Weise wie bei dem Körting'schen Motor, wo gleichfalls durch Offenhalten des Auslassventils das Ansaugen einer neuen Ladung verhindert wird, solange die Maschine zu rasch läuft.

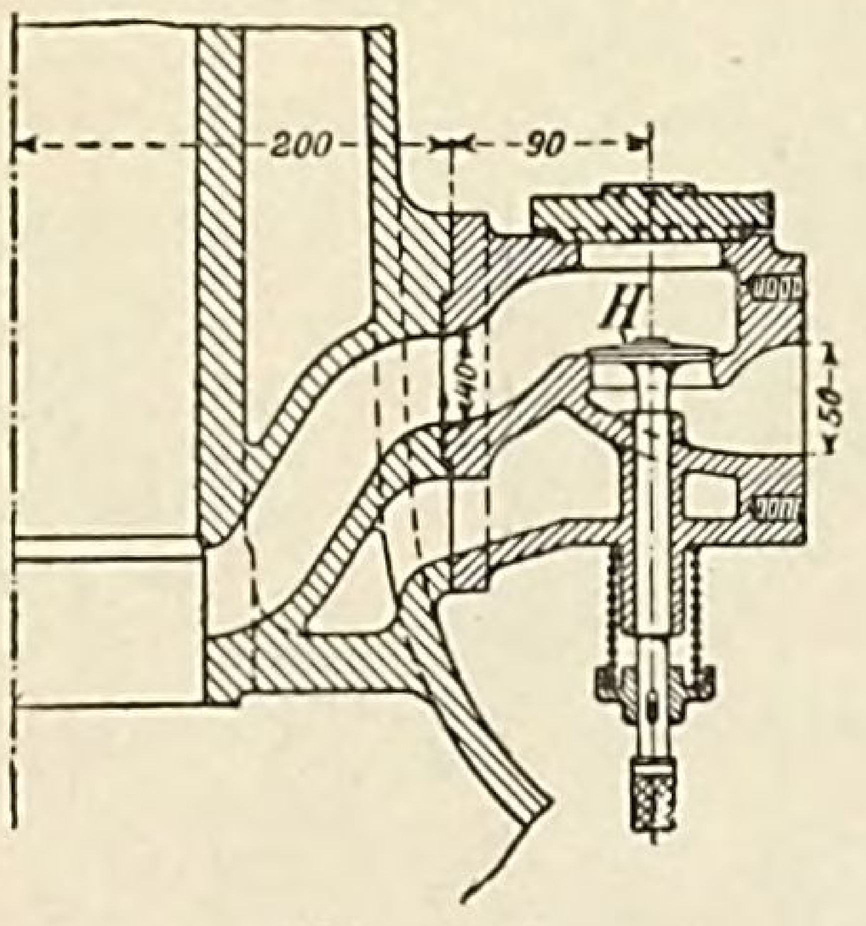


Fig. 217.

Aus Fig. 217 ist die Konstruktion des Auslassventilgehäuses zu ersehen, während Fig. 218 die Arbeitsweise der Maschine schematisch darstellt. Darin sind mit I die Kurbelstellungen während der ersten Umdrehung, mit II diejenige während der zweiten Umdrehung bezeichnet.

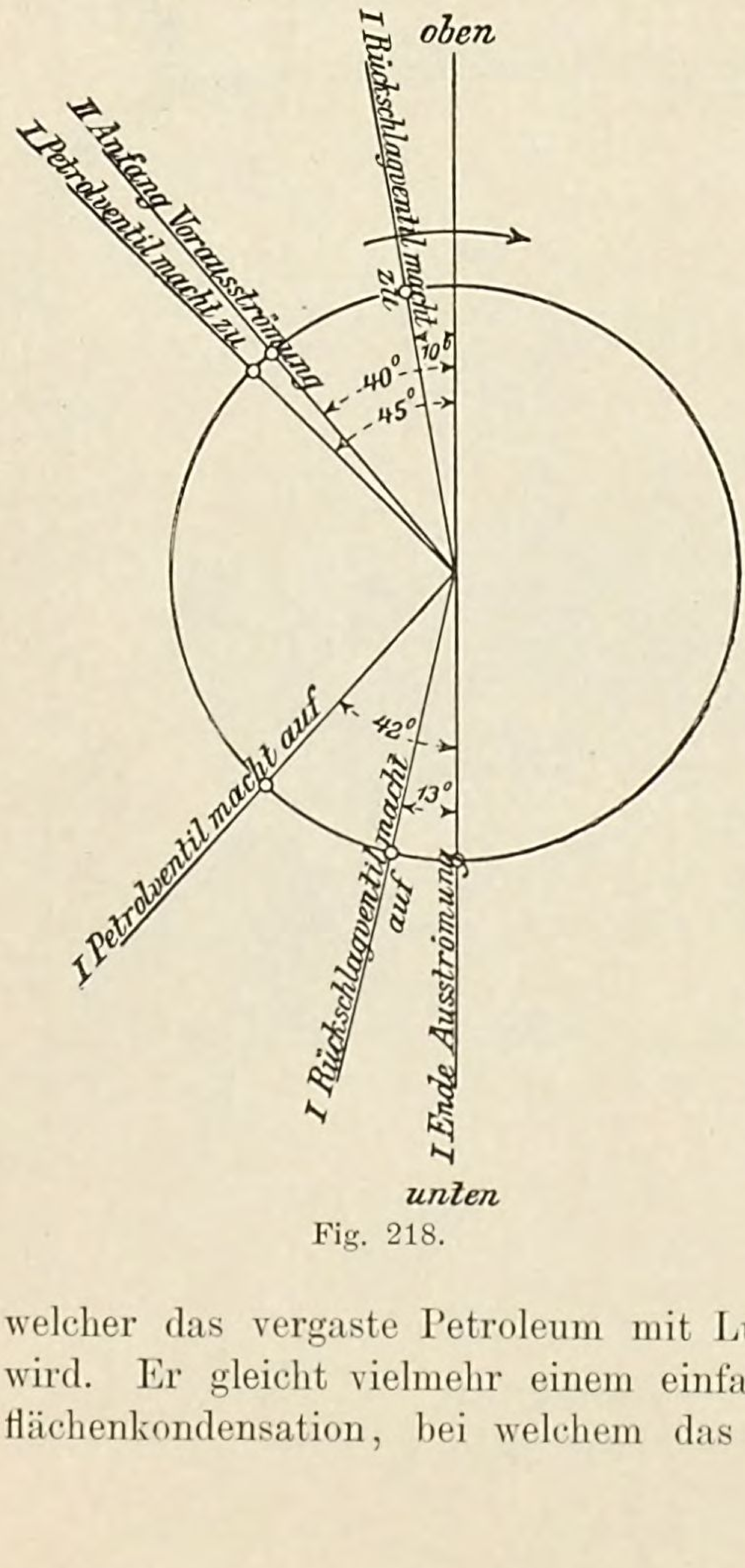
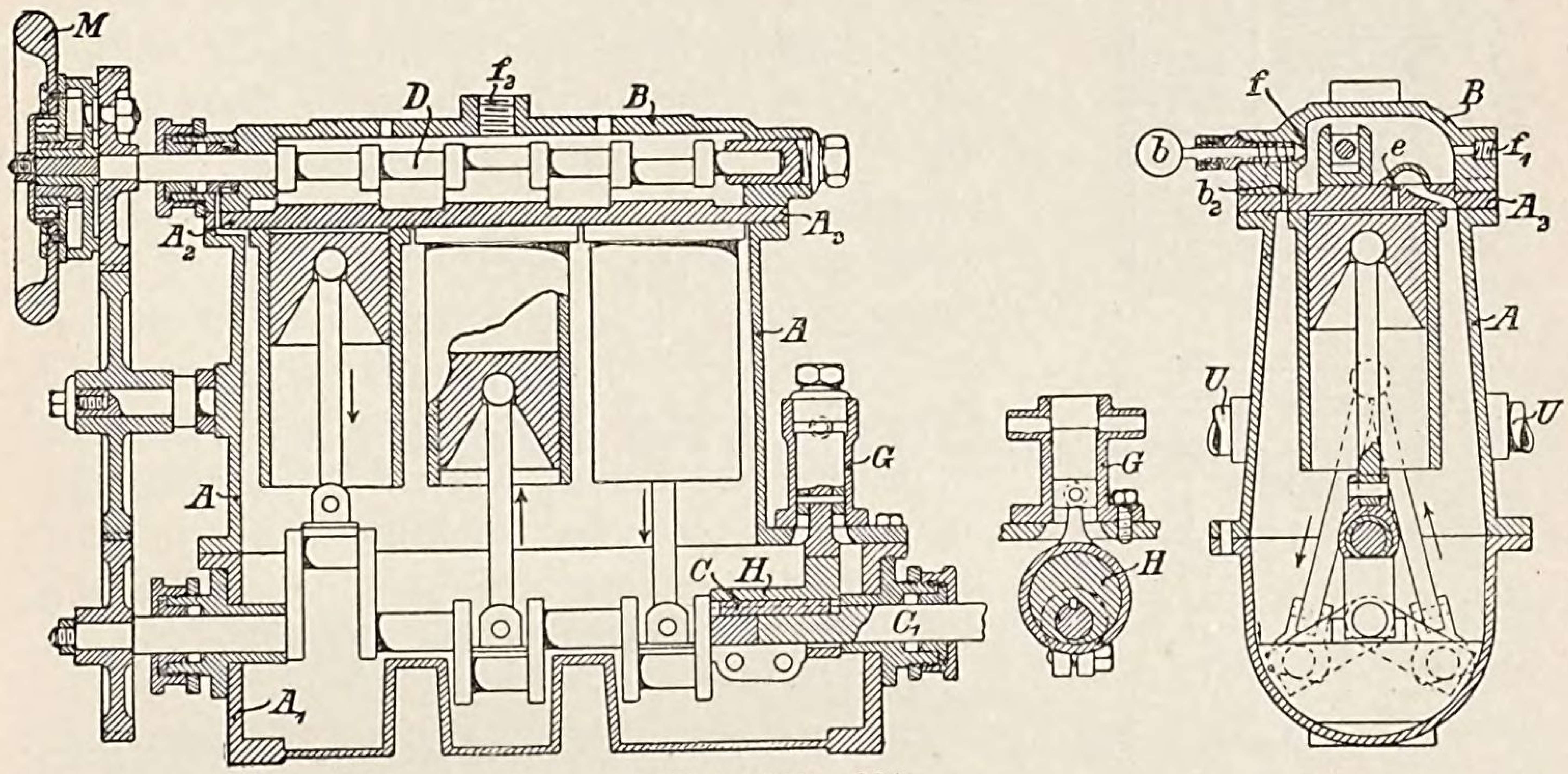


Fig. 218.

Bei einem Versuch, welcher von A. Reichmann und N. v. Lösch im Februar 1893 in St. Petersburg mit einem 3½ pferdigen Nobel-schen Motor angestellt wurde, verbrauchte derselbe 0,523 kg Petroleum von 0,826 kg spez. Gewicht für 1 eff. St.-PS.

Naphthamotor der Gas Engine and Power Co. in New-York (Figg. 219—224). Derselbe gehört nicht eigentlich zu den Petroleummotoren der bisher beschriebenen Art, bei welcher das vergaste Petroleum mit Luft gemischt zur Explosion gebracht wird. Er gleicht vielmehr einem einfach-wirkenden Dampfmotor mit Oberflächenkondensation, bei welchem das im Kessel verdampfte Wasser nach

der Arbeitsleistung wieder kondensirt und sodann von Neuem in Dampf verwandelt wird, mit dem Unterschiede, dass an Stelle des Wassers als vermittelnde Flüssigkeit Naphtha angewandt ist, welches diesen Kreisprozess durchmacht. Die Maschine ist daher auch im Gegensatz zu den Gas- und Petroleummotoren mit einem Kessel versehen, in welchem das Naphtha vergast wird.



Figg. 219—221.

Die Maschine hat 3 Cylinder, deren Kolben auf 3, um je 120° gegeneinander versetzte Kurbeln arbeiten. Die Cylinder sind von einem kastenförmigen, unten in eine halbcylindrische Multe A_1 übergehenden Gehäuse A umgeben, in welches die expandirten Naphthagase einströmen, um von hier nach dem Naphthabehälter zurückzukehren, wobei sie kondensirt werden. Ueber dem Cylinder befindet sich der Schieberkasten B, in welchem 3 Schieber auf dem mit je 2 Oeffnungen e bezw. e′ zum Ein- bezw. Auslass der Gase versehenen Schieberspiegel A_2, einer alle 3 Cylinder überdeckenden Platte (Fig. 222), durch die von der Kurbelwelle mittelst dreier Stirnräder angetriebene Steuerwelle D hin- und herbewegt werden. Die Bewegung der Kolben geschieht durch die Expansion der Naphthagase, welche in einem über der Maschine sitzenden, mit Schlangenrohren versehenen und durch einen Rundbrenner geheizten kleinen Kessel (Fig. 224) erzeugt werden. Das hierzu nöthige flüssige Naphtha wird mittelst einer kleinen, durch das auf der Kurbelwelle vermittelst des Keils C aufgekeilte Excenter H betriebenen Pumpe G

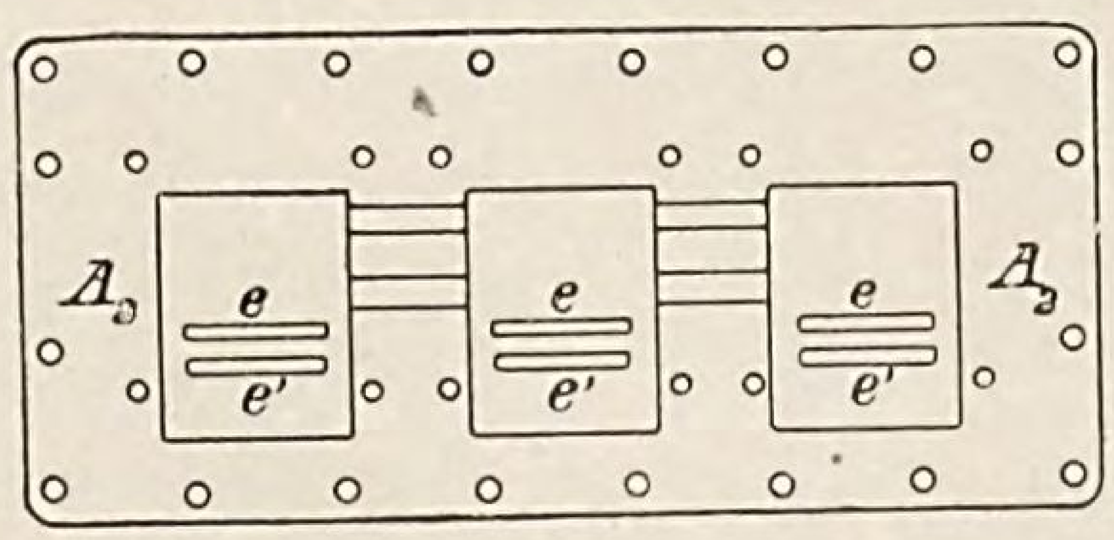


Fig. 222.



Fig. 223.

(Fig. 219 u. 220) aus dem bereits erwähnten, von der Maschine möglichst weit entfernten Naphthabehälter angesaugt und in den Kessel gedrückt. Das Schlangenrohr des letzteren geht oben in die beiden Rohre O und P über, deren ersteres die Naphthagase durch die Oeffnung f_2 in den Schieberkasten leitet, während das letztere in einen Injektor Q mündet (Fig. 223), in welchem die durch denselben strömenden Naphthagase durch den mit einer Drosselklappe Q_1 versehenen Lufttrichter Luft einsaugen und mit derselben zunächst durch das Rohr Q_2 zum Brenner unter dem Schlangenrohr strömen, wo sie verbrennen und die zur Vergasung des Naphtha's nöthige Wärme erzeugen. Die Maschine ist zum Betrieb kleiner Boote bestimmt, und befindet sich der Naphthabehälter im Vordertheil des Schiffes, während die Maschine nahe dem hinteren Ende desselben aufgestellt ist.

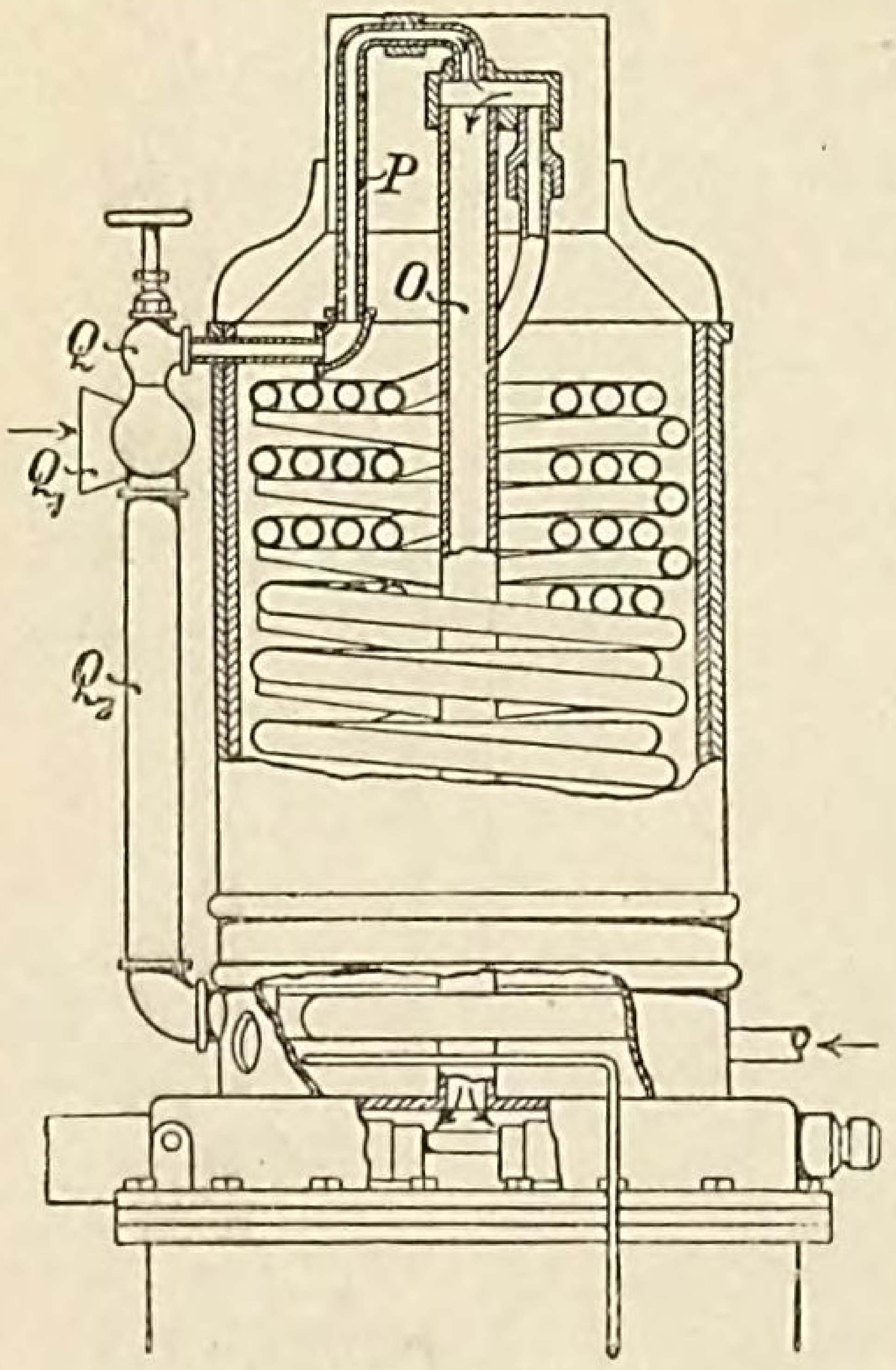


Fig. 224.

Die Motoren sollen mit einem Betriebsdruck von 65 Pfd. (4,57 kg/qcm) arbeiten und etwa 1,5—2,25 l Naphtha für 1 St.-PS verbrauchen[1]).

[1]) Freytag, F., Die Gasmotoren und Kleinmotoren auf der Weltausstellung zu Chicago. Zeitschr. d. Ing. Bd. 37 und 38.

Achtes Kapitel.

Anwendungen der Gasmotoren.

Die Gasmaschinen sind gegenwärtig in der Industrie derartig verbreitet, dass es wohl nicht nothwendig ist, ihren Werth besonders hervorzuheben. Für Leistungen von 3 Meterkilogramm angefangen bis über 100 PS. sind die Dienste, welche sie verrichten, unbezahlbar, namentlich wenn es sich um einen Kraftbedarf von vorübergehender oder unregelmässiger Dauer handelt, da die Gasmaschinen stets ohne irgend welche Vorbereitungen in und ausser Betrieb gesetzt werden können. Aus diesem Grunde ersetzen dieselben in sehr vielen Fällen die menschliche Muskelkraft und auch die Dampfkraft sehr vortheilhaft. Namentlich in Städten, welche eine Gasanstalt besitzen, wo der Motor direkt an die Gasleitung angeschlossen werden kann, sind seine Anwendungen zahllos. Unter diesen Voraussetzungen sind die wesentlichsten Vorzüge, welche die Gasmaschinen gegenüber den Dampfmaschinen haben, die folgenden: 1. Geringerer Raumbedarf; 2. leichte Aufstellung an irgend welcher Stelle und Fortfall der Konzessionspflicht; 3. Verminderung der Feuersgefahr ohne Vermehrung der Feuerversicherungsprämien; 4. Verminderung der Gefahr von Unglücksfällen; 5. Fortfall der Ab- und Zufuhr der Asche bezw. des Brennmaterials; 6. Fortfall der Kesselreinigung; 7. Fortfall besonderer Maschinenwärter; 8. Fortfall von Exstrastunden für das Anlassen oder das Ausserbetriebsetzen; 9. Fortfall von Unkosten im Stillstand; 10. Möglichkeit des sofortigen Anlassens und 11. Möglichkeit des sofortigen Stillstellens der Maschine.

Vom wirthschaftlichen Standpunkt aus gesehen kann der Gasmotor, wie weiter unten gezeigt werden wird, die Muskelkraft vortheilhaft ersetzen und auch der Dampfmaschine bis zu einer Leistung von 4 PS. die Stange halten[1]),

[1]) Gegenwärtig ist dies in Folge der stetigen Verbesserung der Gasmaschinen und der damit verbundenen Abnahme ihres Gasverbrauchs auch für Maschinen von weit grösseren Leistungen der Fall. Der Uebersetzer.

während über diese Leistung hinaus die letztere zwar wirthschaftlich vortheilhafter arbeitet, unter besonderen Rücksichten jedoch der Gasmotor trotzdem vorzuziehen ist.

Die Anwendung der Gasmotoren ist eine sehr vielseitige. Abgesehen von grösseren Werkstätten, Maschinenfabriken, Giessereien, Schreinerwerkstätten u. s. w., wo dieselben zum Betrieb von Werkzeugmaschinen aller Art dienen, finden sie sich in allen Branchen des Kleingewerbes, wo dieselben die menschliche Kraft in jeder Weise ersetzen. Städteverwaltungen, Schulen, Hotels, Restaurants, öffentliche Gebäude aller Art u. s. w. verwenden dieselben zum Betrieb von Pumpen, Ventilatoren, Aufzügen, Hebemaschinen, Arbeitsmaschinen u. s. w. Zwei Anwendungen jedoch sind ganz besonders häufig, bei welchen die Gasmotoren sehr beliebt und sehr verbreitet sind, nämlich zum Betrieb von Druckerpressen in Druckereien und zur Erzeugung elektrischen Lichtes. Namentlich den Anforderungen dieser beiden Anwendungsarten entsprechen die Gasmotoren ganz besonders, dank ihrem geringen Raumbedarf, ihrer Betriebssicherheit, ihrer geringen Wartung, ihrer sofortigen Inbetrieb- und Stillsetzung, sowie in Folge des Umstandes, während des Stillstandes keine Unkosten zu verursachen. Aus diesem Grunde besitzt eine grosse Anzahl von Druckereien nur Gasmaschinen als Betriebsmaschinen, und wird eine grosse Anzahl von Zeitungen auf diese Weise gedruckt.

Unbestritten ist gegenwärtig die elektrische Beleuchtung an vielen Orten, wie in Theatern, Restaurants, Kaffeehäusern, Hotels u. s. w. eine absolute Nothwendigkeit, und da nicht überall elektrische Centralen bestehen, so muss man sehr häufig das elektrische Licht an Ort und Stelle erzeugen, wozu man fast ausschliesslich Gasmaschinen benutzt. Unter den grösseren Etablissements von Paris, in welchen sich Anlagen dieser Art befinden, sind zu erwähnen das Café de la Paix, das Grand Hotel, das Restaurant Peters, die Konditorei Boissier u. a. m., unter den Theatern ausserhalb Paris diejenigen von Nizza, Algier, Tunis und unter den grossen Privatgebäuden in Paris diejenigen von Eiffel, Meunier, Rossier, Blanc, Rothschild u. s. w. Alle diese Einrichtungen sind im wahren Sinne des Wortes Luxusanlagen. Man ist jedoch in der Anwendung der Gasmotoren für die Erzeugung des elektrischen Lichts schon viel weiter gegangen, da in vielen Provinzialstädten die elektrischen Centralen durch Gasmotoren betrieben werden.

Handelt es sich um die Anlage einer Gasmaschine zum Betriebe irgend einer andern Arbeitsmaschine, so findet sich bei den Engländern und Amerikanern sehr häufig die Verbindung beider Maschinen auf einem Gestell, wodurch man sehr einfache, gedrängte, leicht zu übersehende und leicht zu bedienende Anlagen erhält. Um auch die elektrischen Anlagen in dieser Weise zu vereinfachen, ist das erwähnte Prinzip auch auf dieselben übertragen worden, und gegenwärtig finden sich in Deutschland, England, Frankreich, Amerika und anderen Staaten zahlreiche Arten von Gasmaschinen, die mit den Dynamomaschinen direkt verbunden sind, unter welchen diejenigen von Andrew und Cie., Crossley und Cie. mit Stockport- oder liegenden

Otto-Crossley-Maschinen zu erwähnen sind. Um der Dynamomaschine einen möglichst gleichmässigen Gang zu geben, erhält ihre Welle noch ein sehr schweres Schwungrad, und erfolgt die Bewegungsübertragung von der Hauptwelle des Gasmotors entweder durch Riemen- oder Friktionsscheiben. Im ersteren Falle dient das Schwungrad zugleich als Antriebsscheibe, und wird der umspannte Bogen der Riemenscheibe, also auch die Reibung zwischen der letzteren und dem Riemen, durch eine Riemenspannrolle vergrössert.

Eine andere Verwendung, welche sich gleichfalls sehr häufig findet, ist der direkte Antrieb einer Wasser- oder Luftpumpe durch einen Gasmotor, unter welchen Anordnungen namentlich diejenigen von Crossley, Andrew und Cie., Otto und Cie., welche mit liegenden oder stehenden Otto-Crossley'schen, Stockport- oder Baldwin-Motoren betrieben werden, zu erwähnen sind, wobei die Pumpe die verschiedensten Lagen gegenüber der Gasmaschine einnimmt, seitlich von der letzteren, gegenüber der letzteren, unter der letzteren u. s. w. liegt. Die Kraftübertragung erfolgt meistens durch Zahnräder, zuweilen auch durch Riementrieb.

Zahlreiche Anwendungen finden die Gasmotoren auch zum Betrieb von Winden, Aufzügen, Ventilatoren u. s. w., welche namentlich in England und Amerika sehr verbreitet sind.

Die im Vorhergehenden erwähnten Anwendungen der Gasmaschinen beziehen sich auf solche Motoren, welche durch das Gas einer Gascentrale oder Gasanstalt gespeist werden, und ersetzen dieselben, wie erwähnt ist, in allen diesen Fällen die menschliche Arbeitskraft sehr vortheilhaft und halten bis zu Leistungen von 4 PS. den Dampfmaschinen hinsichtlich ihrer Betriebskosten mit Leichtigkeit die Stange und haben ausserdem vor denselben noch manche Vortheile voraus. Ueber 4 PS. allerdings tritt die Dampfmaschine, abgesehen von einzelnen besonderen Fällen, z. B. wo es sich um vorübergehenden Betrieb handelt, wieder in ihre Rechte ein[1]). Indessen ist es gegenwärtig gelungen, auch grössere und kontinuirliche Leistungen mit Gasmaschinen ebenso vortheilhaft als mit guten Kondensationsdampfmaschinen zu verrichten, sobald auch keine Gasanstalt vorhanden ist und das zum Betrieb der Maschine nothwendige Gas durch einen der früher erwähnten Gasgeneratoren erzeugt wird. Im Früheren sind verschiedene, mit Maschinen dieser Art erzielte Resultate bei grossen Leistungen mitgetheilt worden und sind dieselben vollkommen zufriedenstellend.

In manchen Fällen, welche von der Lage der zu betreibenden Fabrik, von der Art und Weise des Betriebes u. s. w. abhängen, kann demnach der Betrieb mit Gasmaschinen auch bei grossen Leistungen demjenigen mit Dampfmaschinen sowohl in Anbetracht der Betriebskosten als auch aus verschiedenen andern Gründen vorgezogen werden. Im Allgemeinen kann man jedoch sagen, dass es sich gleich bleibt, ob man die eine oder die andere der beiden Maschinen zur Anwendung bringt. Nimmt man einerseits eine gute Kondensationsdampfmaschine oder Verbundmaschine, welche durch einen

1) Vergl. Anmerkung S. 329.

leistungsfähigen Kessel betrieben wird, und andererseits eine Gasmaschine, welche mit einem nur zu ihrem Betriebe dienenden Gasgenerator verbunden ist, als Betriebsmaschine an, und wird ferner angenommen, dass die Maschinen fortdauernd die gleiche Leistung zu verrichten haben und die Kosten des Brennmaterials sich gleich bleiben, so werden in beiden Fällen die Betriebskosten für 1 St. PS. ungefähr dieselben sein. Zwar wird der Dampfkessel bei Anwendung einer Gasmaschine durch einen billigeren, einfacheren und kleineren Apparat ersetzt, indessen werden durch die grössere Empfindlichkeit des Gasmotors im Vergleich zur Dampfmaschine, durch seinen ungleichmässigeren und geräuschvolleren Gang die Vortheile, welche der Gaserzeuger gegenüber dem Dampfkessel mit sich bringt, fast vollständig wieder aufgehoben.

Aus dem Vorhergesagten geht hervor, dass auch für Leistungen über 4 PS. selbst dort, wo keine Gasanstalten vorhanden sind, die Gasmaschinen mit Hülfe der Gasgeneratoren vortheilhaft betrieben werden können. Häufig greift man in diesen Fällen auch zum Betrieb durch Petroleum oder Benzin. Diese Motoren sind stets in vollkommen betriebsfähigem Zustand, da sie einen selbstthätigen Gaserzeuger mit unmittelbarer Wirksamkeit besitzen, so dass sie in dieser Hinsicht mit den von einer Gasanstalt gespeisten Gasmotoren verglichen werden können. Indessen sind sie etwas theuerer, gefährlicher und noch empfindlicher als die letzteren. Die mit Petroleum- oder Benzindämpfen betriebenen Maschinen finden für dieselben Zwecke wie die Gasmotoren Anwendung. Indessen sind sie gegenwärtig doch seltener als die letzteren, da die Mehrzahl selbst der kleineren Städte, in welchen sich nur einigermassen beträchtliche industrielle Anlagen befinden, auch Gasanstalten besitzen und im letzteren Falle das Leuchtgas dem Petroleum oder Benzin vorgezogen wird. Die flüssigen Brennstoffe finden daher fast ausschliesslich auf dem Lande Anwendung, wo die Motoren zum Betrieb von Pumpen, landwirthschaftlichen Maschinen u. s. w. vortreffliche Dienste leisten und sowohl die menschliche Kraft als auch die Dampfkraft vortheilhaft ersetzen, zumal in Anbetracht ihrer leichten Aufstellung an jeder beliebigen Stelle und namentlich da, wo es sich um vorübergehende Arbeitsleistung handelt.

Die Gaslokomobilen.

In neuerer Zeit sind verschiedene Arten von Lokomobilen konstruirt worden, welche durch Petroleum oder Benzin betrieben werden und dieselben Anwendungen wie die Dampflokomobilen finden. Obwohl die letzteren nicht überall, namentlich bei ländlichen Betrieben, den an sie gestellten Anforderungen vollkommen entsprechen, so scheint es doch nicht, dass die Gaslokomobilen trotz mancher Vortheile gegenwärtig bereits im Stande sind, den Dampflokomobilen eine ernstliche Konkurrenz zu bereiten. Eine für die Landwirthschaft geeignete Lokomobile muss leicht transportabel und zu diesem Zweck auf einem Untergestell befestigt sein, welches den ländlichen Verhältnissen angepasst ist, für welche sie bestimmt ist. Zu diesem Zwecke müssen

die Lokomobilen sehr kräftig gebaut werden, um Stössen und sonstigen Beschädigungen Widerstand leisten zu können, auch müssen sich die Reparaturen, die Unterhaltung und die Wartung derselben leicht ausführen lassen. Hierzu muss jedoch die Lokomobile eine möglichst einfache Konstruktion, also möglichst wenige und möglichst unempfindliche, selbstthätige Maschinentheile besitzen, welche womöglich allseitig eingeschlossen sind, auch muss das Anlassen und Stillsetzen sehr leicht und rasch vor sich gehen können. Ferner muss das zum Betriebe dienende Brennmaterial überall bequem und billig zu beschaffen sein. Ausserdem soll die Lokomobile die grösstmögliche Sicherheit gegen irgend welche Unfälle, Explosionen, Brandgefahr bieten und ausserdem einen billigen Preis haben. Die vorerwähnten Bedingungen erfüllen die Dampflokomobilen fast vollständig. Zwar haben dieselben, da sie mit einem Dampfkessel verbunden sein müssen, auch die Nachtheile eines solchen an sich, indessen ist derselbe meist kräftig gebaut, wenig empfindlich, Erschütterungen, Stössen, Witterungseinflüssen u. s. w. wenig oder gar nicht ausgesetzt, dafür aber schwer und unhandlich und erfordert eine ziemlich grosse Brennstoffmenge, welche, wenn sie auch im Allgemeinen leicht und billig zu beschaffen ist, doch überall dahin nachgefahren werden muss, wo die Lokomobile sich befindet. Ausserdem erfordert das Anheizen ziemlich lange Zeit und die Maschine eine fortgesetzte Wartung, ferner ist die Explosions- und Feuersgefahr vorhanden. Diese Nachtheile treten jedoch zurück im Vergleich mit denjenigen, welche die Schwierigkeit der Beschaffung reinen Wassers in grossen Mengen zur Speisung des Kessels mit sich bringt, da das zum Betrieb der Lokomobilen verfügbare Wasser meist aus kalkhaltigen Gruben oder schmutzigen Tümpeln entnommen wird. Hierzu kommt, dass diese Wasserbehälter häufig ziemlich weit vom Aufstellungsort der Lokomobile entfernt sind. Die hieraus sich ergebenden grossen Nachtheile sind: 1. Die sehr rasche und reichliche Ablagerung von Kesselstein in den Lokomobilkesseln, wodurch die Explosionsgefahr vergrössert, die Zeit zum Anheizen verlängert, der Brennmaterialverbrauch erhöht, die Wartung des Kessels erschwert und häufiges Reinigen erforderlich wird; 2. ein häufig sehr umständliches Herbeischaffen des Kesselspeisewassers an den Aufstellungsort der Lokomobile. Um diese Nachtheile einigermassen zu beseitigen, wird der Kessel häufig während des Transports von einem Ort nach dem andern mit Wasser gefüllt, wodurch indessen das Gewicht der Lokomobile beträchtlich vergrössert und der Transport derselben auf den Landwegen sehr erschwert wird. Auf den ersten Blick könnte man daher glauben, dass die mit Petroleum oder Benzin betriebenen Lokomobilen, welche keinen Kessel, sondern nur einen kleinen und leichten Karburirapparat besitzen oder auch nur eine geringe Kühlwassermenge erfordern, das nur selten erneuert zu werden braucht, und welche durch leicht zu transportirende Brennstoffe betrieben werden, sich leicht und rasch in und ausser Betrieb setzen lassen und nur eine zeitweilige Wartung erfordern, den Dampflokomobilen bei Weitem vorzuziehen sind, indessen ist dies gegenwärtig noch nicht der Fall. Zunächst sind die Petroleum- oder Benzin-Loko-

mobilen thatsächlich schwerer und keineswegs kleiner als die Dampflokomobilen von gleicher Leistung, ferner sind sie empfindlich, komplizirt, theuer und erfordern grosse Sorgfalt, sowie einen besonderen Maschinisten zu ihrer Reinigung und Reparatur. Ausserdem sind sie in Folge ihrer elektrischen Zündung und der Aufspeicherung einer gewissen Menge sehr leicht brennbarer Flüssigkeiten ziemlich feuergefährlich. Der Hauptgrund jedoch, weshalb die Gaslokomobilen noch nicht so praktisch sind, wie sie es sein sollten, liegt wohl darin, dass dieselben noch zu neu sind und die Konstrukteure derselben sich meistens damit begnügt haben, eine Lokomobile zu schaffen, bei welcher ein gewöhnlicher Petroleum- oder Benzinmotor mit seinem Karburirapparat auf einem gemeinsamen, 2- oder 4räderigen Gestell montirt ist. Ausserdem sind die stationären Petroleummotoren hinsichtlich ihrer Einfachheit, ihres Gewichts und ihres Raumbedarfs noch keineswegs auf der Höhe der Vollendung angekommen. Trotz dieser Mängel werden die Petroleumlokomobilen doch bereits in der Landwirthschaft, namentlich in Spanien und Südamerika vielfach angewandt. Zweifellos ist jedoch, dass dieselben eine rasche Aufnahme finden werden, wenn es nach weiteren Versuchen gelungen sein wird, besondere Arten von Petroleumlokomobilen für die Zwecke der Landwirthschaft zu bauen. Bereits bei Gelegenheit der Beschreibung des Daimlerschen Motors ist erwähnt worden, dass es möglich ist, das Gewicht und die Grösse der Petroleummotoren, wenn es erforderlich ist, wesentlich zu verringern, und in eben solcher Weise werden auch die Petroleumlokomobilen sich vervollkommnen lassen, so dass ihre dauernde Verwendung nur eine Frage der Zeit sein wird. Zu den bekanntesten Petroleumlokomobilen gehören gegenwärtig diejenigen von Benz, Daimler, Durand, Grob, Lenoir, Priestmann und Swiderski.

Im Jahre 1885 machte Lenoir seinen neuen Petroleummotor fahrbar, um ihn leichter transportiren und daher für die Zwecke der Landwirthschaft anwenden zu können. Seit jener Zeit wurde seine erste Konstruktion vielfach verändert, und die auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1889 ausgestellte Maschine zeigte bereits wesentliche Veränderungen gegenüber der ersten Konstruktion. Maschine und Karburirapparat waren gemeinsam auf einem 4rädrigen, eisernen Gestell befestigt. Der Karburirapparat war vor der Maschine aufgestellt und nach dem früher bereits besprochenen Prinzip gebaut, jedoch in seiner Ausführung etwas abweichend, indem der äussere Metallcylinder festgeschraubt war, während die Schaufeln in einem, innerhalb des ersteren angebrachten, beweglichen Cylinder befestigt waren. Die Maschine unterschied sich wenig von dem bereits besprochenen Petroleummotor, nur wurde bei derselben die Cylinderwand durch eine bestimmte, in einem, den Cylinder umschliessenden Behälter enthaltene Wassermenge gekühlt. Die Zündung erfolgte immer auf elektrischem Wege, jedoch nicht durch Batterien, sondern durch eine kleine, vom Schwungrad der Maschine mittelst einer Friktionsscheibe angetriebene Dynamomaschine, welch letztere sowie die Induktionsrolle sich in einem besonderen, hinter der Lokomobile an-

gebrachten Kasten befanden. Die Petroleumlokomobilen von Lenoir werden von der Firma Rouart frères in Paris zu folgenden Preisen geliefert:

Leistungen in PS. . . .	2	4
Preise in Francs	3650	5000.

Auf Grund der sehr kräftigen Bauart seiner Maschine und ihrer eigenartigen Zündung hielt Durand dieselbe als Lokomobile geeignet, zu welchem Zwecke er dieselbe auf einem, auf 2 Rädern liegenden Sockel befestigte, welcher gleichzeitig als Auspufftopf dient und zur Verminderung des Geräusches mit Eisenfeilspänen und Hammerschlag gefüllt ist. Durch 4 Füsse kann die ganze Lokomobile festgestellt werden, während ein Blechmantel den ganzen Mechanismus umgiebt. Zur Kühlung des Cylinders durch Wassercirkulation dient irgend ein Gefäss, z. B. ein Fass, dessen oberes und unteres Ende mit dem Austritt und Eintritt des Wassers mittelst zweier Gummischläuche in Verbindung gesetzt ist. Der Preis dieser Lokomobilen ist folgender:

Leistung in PS.	2	3	4	6	8	10
Preise in Francs	3700	4300	6000	6850	7425	9800

Die Benz'sche Lokomobile ist neusten Datums. Dieselbe besteht aus einem Benz'schen Motor der Gruppe B der zweiten Klasse, welcher auf einem, aus geriffeltem Blech hergestellten und auf 2 oder 4 Rädern ruhenden Sockel montirt ist, der in seiner vordern Hälfte als Wasserbehälter dient, von welchem eine Cirkulationspumpe das Wasser in den Kühlmantel schafft, während die hintere Hälfte in zwei übereinander liegende Abtheilungen zerfällt, deren erstere den Karburirapparat, 2 Elemente und die Induktionsrolle enthält, während die zweite als Auspufftopf dient. Für kleinere Lokomobilen von 1—2 PS. werden Elemente angewandt, während diejenigen von 3—4 PS. einen magnet-elektrischen Apparat mit periodischer Bewegung (vergl. S. 72) besitzen. Der ziemlich empfindliche Benz'sche Motor, so praktisch er für stationären Betrieb ist, scheint jedoch in Anbetracht der Art und Weise, wie er montirt ist, und in Rücksicht auf die galvanischen Elemente den an ihn gestellten Forderungen als Lokomobile nicht vollkommen zu entsprechen.

Die Petroleumlokomobile von Priestmann wird mit gewöhnlichem Lampenpetroleum betrieben.

Im Vorhergehenden ist nur von den, für die Landwirthschaft bestimmten Lokomobilen die Rede gewesen. Zur Ausführung von Strassenarbeiten u. s. w. in der Nähe von Städten dürften dagegen die Dampflokomobilen bis jetzt noch beträchtlich vortheilhafter als die Gaslokomobilen sein.

Die Gaslokomotiven.

Auch bezüglich der Verwendung der Gasmotoren zum Betrieb von Strassenbahnen sind verschiedentlich Versuche angestellt worden. Unter den ersten hierher gehörigen Ausführungen ist diejenige von Krauss (1879) zu erwähnen, bei welcher das in eisernen Behältern komprimirte Leuchtgas zu-

nächst durch ein Druckreduktionsventil strömte, bevor es in den Cylinder gelangte und dort nur durch seine Explosionskraft Arbeit verrichtete. Die Umsteuerung wurde bei dieser Maschine durch eine Reibungskuppelung bewirkt. Bei der ersten Lokomotive von Holt und Crossley (1879) wurde die Umsteuerung auf eine sehr eigenthümliche Art und Weise bewirkt. Die Maschine ist liegend angeordnet und treibt eine stehende Welle, welche ihrerseits die Antriebswelle mit Hilfe zweier konischer Räder in Bewegung setzt. Sowohl die Maschine als auch die Antriebswelle waren auf einer drehbaren Platte befestigt, welche von dem Lokomotivgestell getragen wurde, deren Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der stehenden Welle zusammenfiel. In Folge dieser Anordnung genügte es, um die Maschine rückwärts zu bewegen, das ganze System leicht anzuheben und die drehbare Platte zu drehen. Auch die zweite Ausführung von Holt und Crossley (1881) zeigt einige interessante Einzelheiten. Die beiden Triebachsen der Lokomotive wurden von der in der Mitte zwischen beiden liegenden Antriebswelle mit Hilfe von Zahnrädern bewegt, welche man auf- oder niederlassen konnte, je nachdem man die Lokomotive in Gang setzen oder anhalten wollte. Das Anfahren erfolgte selbstthätig mit Hilfe von Druckluft, welche in einem eisernen Behälter enthalten war und in denselben durch einen Luftkompressor geschafft wurde, welcher gleichzeitig beim Anfahren als Arbeitscylinder diente. Der Gasometer besass zwei auf- und niederbewegliche Hauben, welche mit den Wänden des Gasometers durch einen dichten Stoff verbunden und durch Rollen geführt waren. Bei der Maschine von Merchant und Wrigley (1883) arbeitete das komprimirte Gas zunächst durch seinen Druck auf einen kleinen Kolben und hierauf vermittelst seiner Explosivkraft auf einen grösseren Kolben. Es scheint nicht, als ob alle diese an und für sich sehr geistvoll erdachten Konstruktionen in der Praxis bis jetzt Eingang gefunden haben.

Anders verhält es sich mit der Verwendung von Petroleummotoren. Die besonderen Eigenthümlichkeiten des Daimler'schen Motors veranlassten den Erfinder, denselben für verschiedene besondere Zwecke zur Anwendung zu bringen. So befand sich unter andern auf der Ausstellung zu Paris (1889) ein kleiner Strassenwagen von Daimler, welcher für kleine Fahrten auf schmalen Wegen bestimmt war und acht Personen und den Maschinisten aufnehmen konnte. Zum Betrieb diente ein zweicylindriger Daimler'scher Petroleummotor. Die ganze Anordnung war sehr gedrängt und das Fuhrwerk von geringem Gewicht.

Viele Versuche sind mit den Petroleumlokomotiven angestellt worden. Schon im Jahre 1882 versuchte Lenoir, jedoch ohne Erfolg, seine Maschine zu diesem Zweck zu verwenden, und ist die Frage seit jener Zeit häufig wieder untersucht worden. Das beste und bekannteste mit einem Petroleummotor betriebene Fuhrwerk ist dasjenige von Benz, welches auf drei Rädern ruht, deren vorderstes zum Lenken dient, während sich zwischen letzterem und den beiden hinteren Rädern der eigentliche Wagenkasten befindet, unter welchem die eincylindrige, doppelt wirkende Maschine angebracht ist. Unter

dieser befindet sich wieder der Auspufftopf und der saugend wirkende Karburirapparat, während über diesem ein kleines, das Kühlwasser enthaltendes Gefäss und über dem Cylinder der, mit der zur Speisung des Karburirapparates dienenden und für eine gewisse Betriebszeit ausreichenden Brennstoffmenge angefüllte Behälter angebracht ist. Die Antriebswelle ist stehend angeordnet und trägt am unteren Ende ein horizontales Schwungrad, am oberen ein konisches Rad, welches eine horizontale Welle antreibt, die sich halb so oft wie die Antriebswelle umdreht und die Steuerungstheile und die Zündvorrichtung bewegt. Die Einströmung der Ladung in den Cylinder wird durch einen kleinen Flachschieber, der Auslass durch ein Ventil regulirt, die Zündung geschieht elektrisch. Der Funke wird durch die Unterbrechung des induzirten Stroms einer Induktionsrolle erzeugt, deren Primärstrom durch eine vom Schwungrad mittelst einer Schnur angetriebene kleine Dynamomaschine erzeugt wird. Die Hülfswelle überträgt ihre Bewegung durch einen Riemen auf eine kleine, im vorderen Theil des Wagens liegende, horizontale Welle, von welcher wiederum die am hinteren Ende des Fuhrwerks liegenden eigentlichen Triebräder mittelst zweier Ketten und Zahnräder angetrieben werden. Die vordere Welle trägt das Wendegetriebe. Um die Maschine anzuhalten, wird der Treibriemen einfach auf eine lose Scheibe verschoben. Die Regulirung der Geschwindigkeit erfolgt durch Veränderung der Zusammensetzung der Ladung durch Hähne, welche vom Führerstand aus regulirt werden können. Zwei Arten dieser Fuhrwerke werden von der betreffenden Firma gebaut, deren ersteres bei einem Preise von 4000 Frcs. zur Aufnahme von zwei Personen, das letztere bei einem Preise von 5000 Frcs. zur Aufnahme von vier Personen bestimmt ist und eine Leistung von $1^1/_4$ bezw. $2^1/_2$ PS. auszuüben vermag. Die mit diesen Fuhrwerken erzielte Geschwindigkeit beträgt ungefähr 15 km in der Stunde bei ebenem Terrain und 8 km bei Steigungen von 5 %.

Die Gaslokomotiven bezw. Gasfuhrwerke sind jedoch noch keineswegs praktisch vollkommen durchgebildet, da ihre Maschinen meist noch zu gross und zu schwer und in Folge der zum Anhalten und Umkehren erforderlichen Mechanismen zu komplizirt sind. Indessen sind dieselben in hohem Grade vervollkommnungsfähig, und die besonderen Vorzüge der zu ihrem Betrieb dienenden Motoren, speziell der Benzin- und Petroleummotoren vor den verschiedensten andern, zu ihrem Betrieb versuchten Maschinen lassen hoffen, dass sie nach hinreichender Verbesserung in manchen Ländern für viele Zwecke Anwendung finden werden.

Ueber einen, mit einem Daimler'schen Motorwagen i. J. 1892 angestellten Leistungsversuch berichtet die Daimler-Motoren-Gesellschaft Folgendes:

Der Motorwagen war für die Kirchheimer Eisenbahn-Gesellschaft geliefert und hatte bei Probefahrten zwischen Kirchheim u. T. und Unterboihingen Steigungen von 1 : 200—1 : 150, stellenweise sogar von 1 : 90 zu überwinden. Die von der Betriebsverwaltung vorgenommene Prüfung des Motors ergab dabei folgende Resultate.

Gewicht des Wagens mit 5—6-pferdigem Motor	3200 kg
Radstand	1,4 m.
enthält	10 Sitzplätze
und	10 Stehplätze
Probefahrt zwischen Esslingen—Plochingen	
mit	610 kg Eisen
und	7 Personen
total:	15 Personen
Bahnlänge	9 km
wovon	7 km horizontal
und	2 „ mit Steigung von 1 : 150—1 : 200.

Hinfahrt. Fahrzeit 37 Minuten, somit Geschwindigkeit ca. 15 km pro Stunde.

Petroleumverbrauch	
im Apparat	1,6 l
in der Lampe	0,2 „
zus.	1,8 l = 1,26 kg
somit per km:	0,14 kg à 30 Pfg. = 4,2 Pfg.

Rückfahrt. Fahrzeit 34 Minuten, somit Geschwindigkeit ca. 16 km pro Stunde

Petrolverbrauch	
im Apparat	1,35 l
in der Lampe	0,20 „
zus.	1,55 l = 1,08 kg
somit per km:	0,12 kg à 30 Pfg. = 3,6 Pfg.

Die Betriebskosten an Petroleum stellen sich demnach im Mittel zu 3,9 Pfg. für 1 km oder, da 15 Personen befördert wurden, für 1 Personenkm zu 0,26 Pfg., wobei das Gewicht einer Person zu 76 kg angenommen wurde. Für das Tonnenkm ergiebt sich hieraus eine Ausgabe für das Brennmaterial von 3,42 Pfg.

Die Anwendung der Gasmaschinen für die Schiffahrt.

Im Jahre 1862 wandte Lenoir seinen soeben erfundenen Motor zum Betrieb eines Bootes an, indem er denselben durch auf dem Boote selbst erzeugte karburirte Luft betrieb. Obwohl die erhaltenen Resultate für die damalige Zeit sehr zufriedenstellend waren, hatte dieser Versuch nicht den Erfolg, welchen man von ihm hätte erwarten sollen. Der Hauptgrund dafür lag darin, dass die Luxusboote noch nicht so verbreitet waren, wie gegenwärtig. Seit jener Zeit sind dieselben jedoch in Folge der billigeren Herstellung und namentlich in Folge der Vervollkommnung der Dampfmaschinen ausserordentlich in Aufnahme gekommen. Die Vervollkommnung der Dampfmaschinen ist in der That soweit getrieben, dass man gegenwärtig Maschinen zu bauen im

Stande ist, welche bei geringem Anschaffungspreis, geringem Raumbedarf und verhältnissmässig kleinem Gewicht eine grosse Leistung zu bieten im Stande sind. Indessen haben diese Maschinen trotz ihrer Vortheile in Folge der Anwesenheit des Dampfkessels immer noch gewisse Nachtheile, da zur Wartung eines Kessels ein Heizer erforderlich ist, welcher das Feuer einige Zeit vor der Abfahrt anzuzünden, dasselbe während der Fahrt und während der Pausen in Gang zu halten und die ganze Maschine zu warten hat. Durch das Gewicht des Heizungs- und des Brennmaterials wird ausserdem das Boot mehr belastet, als durch die aufzunehmenden Fahrgäste. Hierzu kommt, dass der Kohlenstaub, die Asche, der Rauch und die Hitze bei einer Fahrt in einem Dampfboot manche Unannehmlichkeiten verursachen. Zahlreiche Vorschläge sind gemacht worden, um diese Uebelstände zu beseitigen, und manche derselben lösen die Frage zufriedenstellend. Zu letzteren gehören vor allem die Petroleummotoren, von welchen allein in der Folge die Rede sein soll. Dieselben haben vor den Dampfmaschinen hauptsächlich folgende Vortheile voraus: Sofortiges Inbetrieb- und Stillsetzen, Fortfall von Betriebskosten während des Stillstands, Fortfall des Dampfkessels, Verringerung des Gewichts des Brennstoffs, leichte Aufspeicherung des letzteren, grosse Reinlichkeit in Folge des Fortfalls des Kohlenstaubs und der Asche, und endlich leichte Handhabung, welche keinen besonderen Heizer oder Maschinisten erfordert. Diesen Vorzügen der Petroleummotoren stehen jedoch auch manche Nachtheile gegenüber, wie ihr Gewicht, ihr Raumbedarf, ihre hohen Anschaffungskosten, ihre Empfindlichkeit und komplizirte Konstruktion. Ein Hauptnachtheil beruht ferner darin, dass man zum Zwecke des Umsteuerns und des raschen Anhaltens ziemlich schwere und meist auch geräuschvolle Apparate nöthig hat. Trotz dieser Uebelstände bildet der Boots-Betrieb gegenwärtig die geeignetste Anwendung der Petroleummotoren und es existiren bereits mannigfache Ausführungen dieser Maschinen für diesen Zweck, welche kaum noch etwas zu wünschen übrig lassen. Man hat bereits nicht nur kleine Vergnügungsboote mit solchen Maschinen ausgerüstet, sondern auch grössere Lastboote mit denselben versehen und auch hierbei zufriedenstellende Resultate erzielt. Ein Boot dieser Art, „Dzézyrély" mit Namen, das mit einem Lenoir'schen Motor von 20 PS. ausgerüstet war, hat eine sehr zufriedenstellende Fahrt zwischen Marseille und Konstantinopel ausgeführt. Der Erfolg dieser Versuche hat die Aufmerksamkeit der französischen Kriegsmarine auf diese Boote gelenkt, und hat dieselbe in Folge dessen verschiedene 16 pferdige Petroleummotoren zum Betrieb von Schaluppen bestellt. Man darf daher wohl behaupten, dass die Petroleummotoren in nicht zu ferner Zeit berufen sind, der Schiffahrt für manche Zwecke grosse Dienste zu leisten. Die zum Betrieb von Booten dienenden Petroleummotoren werden in zwei Formen gebaut, liegend und stehend. Zur ersteren gehören die Maschinen von Lenoir und Benz. Dieselben bestehen aus zwei übereinander liegenden, horizontalen Cylindern, welche eine stehende Welle treiben, die am untern Ende ein Schwungrad und ein konisches Rad trägt, das mit zwei andern konischen Rädern von gleichen Durchmessern im

Eingriff steht, die auf der Schiffsschraubenwelle befestigt sind. Zwei auf der letzteren befindliche Kupplungen gestatten, die Welle im einen oder andern Sinne zu drehen, je nachdem die eine oder andere derselben sich mit dem entsprechenden Kegelrad in Eingriff befindet, während das Boot bei ausgerückten Kupplungen still steht. Die Verwendung zweier Cylinder hat den Zweck, einen gleichmässigeren, sicheren Gang zu erhalten, da in Folge dieser Anordnung bei jeder Umdrehung eine Explosion stattfindet. Hierdurch ist der Einfluss des Schwungrades wesentlich vermindert, indessen giebt die tiefe Lage desselben dem Boot eine grosse Stabilität. Bei dem auf demselben Prinzip wie die bereits vorher beschriebenen Maschinen beruhenden Lenoir-schen Motor des Jahres 1886 wird die Steuerung der Maschine und die Zündung durch fünf, auf einer stehenden, von der Antriebswelle mit Hilfe von Zahnrädern halb so oft in Umdrehung versetzten Welle befestigte Nocken bewirkt, von welcher Welle ausserdem der Regulator und der Karburirapparat bewegt wird. Der letztere gleicht dem, bei der bereits erwähnten Lokomobile angewandten Apparat und ist seitlich an einer der Bootswände befestigt. Die Zündung erfolgt, wie bei allen Lenoir'schen Maschinen elektrisch und wird der hierzu erforderliche Strom der Induktionsrolle durch zwei unter dem Sitze des Bootsführers in einem Kasten befindliche Elemente zugeführt. Die Abkühlung des Cylinders erfolgt durch Wassercirkulation mit Hülfe einer von der Maschine bewegten Pumpe, der Auspuff der Verbrennungsgase am hinteren Ende des Bootes. Die Maschine ist im Mittelpunkt des Bootes auf einer hölzernen Unterlage befestigt, welche alle seine Theile trägt. Die Schraubenwelle besteht aus drei Theilen, welche untereinander durch Universalkupplungen verbunden sind. In der Nähe des bereits erwähnten Führersitzes befindet sich ein Hebel, welcher die zur Uebertragung der Bewegung von der Antriebswelle auf die Schraubenwelle dienenden Reibungskegelräder bewegt. Findet sich der Hebel in der Mittellage, so steht das Boot still, liegt derselbe nach rechts, so geht es vorwärts, bei der linken Stellung dagegen rückwärts. Zwei in der Nähe des Führersitzes befindliche Handräder ermöglichen die Veränderung der Geschwindigkeit durch Oeffnen oder Schliessen des in die Leitung der karburirten Luft eingeschalteten Hahns. Auf gleiche Weise kann auch die Maschine nur mit einem oder mit zwei Cylindern betrieben werden. Das Anlassen der Maschine wird durch einen Schaltmechanismus bewirkt. Diese Ausführung der Maschine ist recht praktisch, indessen könnte man an derselben die Anwendung der Batterie und des Regulators tadeln. Bei den neueren Benz'schen Motoren (1889) ist zwar die Batterie beibehalten, dagegen der Regulator fallen gelassen worden. Der Karburirapparat ist stehend angeordnet, und gleicht dem von Benz zum Betrieb seines gewöhnlichen Petroleummotors angewandten Apparat. Das Anlassen der Maschine geschieht durch Auskupplung der Schraubenwelle und Andrehen der Schwungradwelle vermittelst einer, am äusseren Ende derselben befindlichen Kurbel.

Die Preise der vorstehend besprochenen Maschinen, welche vollständig fertig zum Einsetzen in die Boote geliefert werden, sind folgende:

			Frcs.	Mk.
System Lenoir	4	PS	4600	3680
	8	„	7600	6080
	18	„	14500	11600
System Benz	4	„	4800	3840
	6	„	6500	5200

Die Lenoir'schen Motoren werden von der Firma Rouart frères in Paris gebaut. Die stehenden Bootsmaschinen sind weitaus am meisten verbreitet, fast immer nach dem Pfeilersystem gebaut und besitzen im Allgemeinen zwei nebeneinanderliegende Cylinder, deren Zweck im Vorhergehenden erklärt ist. Die stehenden Maschinen haben vor den liegenden Maschinen den Vorzug geringeren Gewichts, geringen Raumbedarfs, leichterer Wartung, grösserer Einfachheit u. s. w., während andererseits bei der Anwendung derselben die Boote weniger stabil sind. Unter den bekanntesten und erwähnenswerthesten derselben sind die Maschinen von Daimler, Forest, Grob, Swiderski, Tenting etc. zu nennen. Der zum Bootsbetrieb dienende Daimler'sche Motor ist derselbe, wie der bereits ausführlich besprochene, und erfüllt in wunderbarer Weise die Mehrzahl der zu diesem Betriebe erforderlichen Bedingungen, da er ein geringes Gewicht, einen geringen Raumbedarf und eine für die Aufstellung in den Booten sehr passende Gestalt hat und vermöge seiner grossen Geschwindigkeit einen direkten Antrieb der Schiffsschraube ermöglicht. Derselbe erfordert zu seiner Montage nichts weiter als zwei Klammern und einige Schrauben, sowie zum Anhalten und Umsteuern drei konische Reibungsräder.

Der Tenting'sche Motor, welcher nach dem Hammersystem gebaut ist, beruht auf demselben Prinzip, wie der bereits besprochene stationäre Petroleummotor von Tenting. Die Zündung erfolgt durch Elemente und eine Induktionsspirale, die Kühlung durch Wassercirkulation mit Hülfe einer Cirkulationspumpe. Der stehende Karburirapparat wird durch ein im Boden des Schiffs angebrachtes Gefäss gespeist. Der Tenting'sche Motor hat jedoch keine Vorrichtung zum Umsteuern oder Anhalten des Bootes, letzteres geschieht vielmehr derartig, dass mittelst eines Hebels die Flügel der Schraube verstellt und um ihre eigene Achse gedreht werden. Auch lässt sich auf diese Weise die Geschwindigkeit des Bootes innerhalb gewisser Grenzen ändern[1]). Zur Bedienung des Bootes genügt ein Mann. Forest beschäftigt sich vor allen anderen Ausführungen mit Vorliebe mit der Anwendung der Petroleummotoren auf die Schiffahrt. Nach der im Jahre 1887 erfolgten Konstruktion seiner liegenden Maschine hat er verschiedene Maschinen nach dem Hammersystem gebaut, darunter eine Verbundmaschine und eine Maschine mit selbstthätiger Umsteuerung, von welcher bereits im Früheren die Rede gewesen ist. (Vgl. S. 54.)

1) Vergl. S. 317 die Maschine der Sintz Gas Engine Co.

Anhang I.

Vergleich der Betriebskosten einiger verschiedener Maschinensysteme.

Um den gegenwärtigen Stand und die Zukunft, welche die Gasmotorenindustrie zu erwarten hat, besser beurtheilen zu können, soll im Folgenden ein Vergleich der Betriebskosten einiger verschiedener Maschinensysteme gegeben werden. Um diesen Vergleich in richtiger Weise durchführen zu können, sind die Betriebskosten jedes Systems bei gleicher Betriebsdauer und gleicher Leistung zu berechnen, und muss hierbei einer grossen Anzahl wichtiger Punkte Rechnung getragen werden, so den Anschaffungskosten des Brennmaterials, den Transport- und Montageunkosten, verschiedenen sonstigen durch den Betrieb verursachten Ausgaben, den Zinsen des Anlagekapitals, den Unkosten für die Unterhaltung, Wartung u. s. w. der Maschine. Wie leicht einzusehen, ist die Mehrzahl dieser Einzelfragen mit jedem Maschinensystem und in jedem besonderen Fall der Anwendung dieser Maschinen veränderlich und es ist daher unmöglich, in einer genauen und für alle Systeme gleichzeitig giltigen Art und Weise die Betriebskosten des einen oder andern Systems aufzustellen, vielmehr müssen einzelne besondere Fälle herausgehoben werden und hierbei gewisse Voraussetzungen, welche der Wirklichkeit möglichst nahe kommen, gemacht werden. Für jeden besonderen Fall der Praxis ist es natürlich erforderlich, die durch die folgenden Betrachtungen gegebenen Mittelwerthe einigermassen den betreffenden Verhältnissen anzupassen. Im Folgenden soll dieser Vergleich der verschiedenen Maschinensysteme für zwei Hauptfälle durchgeführt werden und zwar, dass sich die Maschinen 1. in Paris und 2. ausserhalb Paris im Betriebe befinden sollen. Im ersteren Falle werden im Allgemeinen die Transport- und Montagekosten zu 10 % des Kaufpreises der Maschine angenommen, welches System auch vorliegt. Bezüglich der Brennmaterialpreise wird ein Gaspreis von 0,30 Frs. für den cbm, ein Kohlenpreis von 30 Frcs. die Tonne, ein Okspreis von 60 Frcs. für die Tonne angesetzt werden, während der Arbeitslohn für die Maschinisten zu

0,5 Frcs. für die Stunde normirt ist, welcher Betrag sich im zweiten Fall auf 0,45 Frcs. ermässigen lässt, während die Unkosten für Verpackung, Transport, Aufstellung u. s. w. ungefähr zu 15% des Anschaffungspreises in Rechnung gesetzt werden können. Die Preise der Brennmaterialien können für die Provinz folgendermassen angenommen werden: für Gas 0,20 Frcs. der cbm, Kohlen 20 Frcs., Koks 40 Frcs., Anthracit 30 Frcs. die t, Benzin 50 Frcs. die 100 Liter. Der Gaspreis von 20 Centimes = 16 Pfennig für den Kubikmeter ist sowohl in Frankreich als auch ausserhalb ein ziemlich normaler. So stellt sich derselbe ähnlich in den Städten Berlin, Brüssel, Amsterdam, Antwerpen, Rouen, St. Quentin, Bordeaux u. s. w. Selten ist derselbe geringer als 0,20 Frcs., so z. B. in London, Gent und Nottingham, wo derselbe nur 0,15 Frcs. pro cbm beträgt, andererseits ist derselbe in manchen Städten beträchtlich höher als 0,30 Frcs., besonders in Nordamerika; so beträgt derselbe beispielsweise in der Umgebung von Paris und in New-York 0,40 Frcs., in Chicago sogar 0,50 Frcs. für den cbm beträgt. In manchen Ländern, besonders in Deutschland, ist der Preis des für motorischen Betrieb verbrauchten Gases geringer, als des zu Beleuchtungszwecken dienenden. Die für die anderen Rohstoffe angesetzten Preise scheinen dem Gaspreise von 20 Centimes proportional zu sein. In den beiden zu betrachtenden Fällen soll die Verzinsung des Kapitals zu 5% angesetzt, für die Abnutzungs- und Unterhaltungskosten gleichfalls 5% des Anlagekapitals angenommen, das Betriebsjahr zu 300 Tagen, der Tag zu 10 Betriebsstunden angesetzt und unter diesen Voraussetzungen die Berechnung der Betriebskosten der verschiedenen Systeme von Kraftmaschinen durchgeführt werden. Der erste Fall, welcher in Frage kommt, ist die menschliche Arbeitskraft. Da in Paris ein Arbeiter 3—4 Frcs. täglich und ausserhalb Paris 2½—3 Frcs. täglich erhält, so ergiebt sich ein Stundenpreis von ungefähr 0,3—0,4 Frcs. bezw. 0,25—0,3 Frcs. im zweiten Fall. Da ein Arbeiter ungefähr 6 mkg zu leisten im Stande ist, so sollen die Betriebskosten für die gleiche Leistung durch Druckluft (speziell in Paris) und durch einen Gasmotor berechnet werden.

1. Druckluftmaschine, System Popp, Leistung 6 mkg.

	Preis in Frcs.	Preis in Mk.
Preis der fertig montirten Maschine	250	200
Verzinsung und Amortisation täglich ungefähr	0,09	0,072
Luftverbrauch, ungefähr 15000 Liter stündlich[1]), täglich	1,5	1,2
Bedienung, Schmierung u. s. w. täglich ungefähr	0,15	0,12
Betriebskosten täglich ungefähr	1,74	1,39
Betriebskosten stündlich ungefähr	0,174	0,139

[1]) 0,015 Frcs. pro 1000 l.

2. Gasmaschine ohne Kompression, System Bisshop, Leistung 6 mkg.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	550	440	550	440
Transport, Montage u. s. w.	55	44	83,25	66,6
Gesammtanlagekapital	605	484	633,25	506,6
Verzinsung, Amortisation täglich ungefähr .	0,202	0,162	0,212	0,17
Gasverbrauch, 350 Liter stündlich, täglich .	1,05	0,84	0,70	0,56
Bedienung, Schmierung etc. täglich ungefähr	0,60	0,48	0,50	0,40
Betriebskosten täglich ungefähr	1,852	1,48	1,412	1,13
Betriebskosten stündlich ungefähr	0,186	0,148	0,142	0,113

Im Folgenden sollen nun zunächst die Betriebskosten einer Leistung von 1/3 PS. für die beiden Fälle eines Gasmotors mit oder ohne Kompression berechnet werden.

3. Gasmotor ohne Kompression, System Bénier, Leistung 1/3 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	900	720	900	720
Transport, Montage u. s. w.	90	72	135	108
Gesammtanlagekapital	990	792	1035	828
Verzinsung, Amortisation, täglich	0,33	0,264	0,345	0,276
Gasverbrauch, ungefähr 800 l stündlich . .	2,40	1,92	1,60	1,28
Kühlwasser, Schmierung, Bedienung etc. .	0,70	0,56	0,60	0,48
Betriebskosten täglich ungefähr	3,43	2,75	2,545	2,036
Betriebskosten stündlich ungefähr	0,343	0,275	0,255	0,2036

4. Gasmaschine mit Kompression, System Nöel, Leistung 1/3 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	900	720	900	720
Transport, Montage u. s. w.	90	72	153	122,4
Anlagekapital	990	792	1053	842,4
Verzinsung, Amortisation	0,33	0,264	0,345	0,276
Gasverbrauch, ungefähr 600 l stündlich . .	1,80	1,44	1,20	0,96
Schmierung, Kühlwasser, Bedienung u. s. w.	0,70	0,56	0,60	0,48
Betriebskosten täglich ungefähr	2,83	2,264	2,145	1,72
Betriebskosten stündlich ungefähr	0,283	0,226	0,215	0,172

Im Folgenden soll ein Vergleich zwischen einem Gasmotor, einer Heissluftmaschine, einem Benzin- oder Petroleummotor und einer Dampfmaschine für eine Leistung von 2 PS. angestellt werden.

5. Gasmaschine, System Lenoir, Leistung 2 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der kompleten Maschine	2850	2280	2850	2280
Transport, Montage u. s. w.	285	228	427,5	342
Anlagekapital	3135	2508	3277,5	2622
Verzinsung, Amortisation	1,045	0,836	1,093	0,874
Gasverbrauch 1500 l stündlich	4,50	3,60	3,00	2,40
Kühlwasser, Schmierung, Bedienung u. s. w.	1,40	1,12	1,30	1,04
Betriebskosten täglich ungefähr	6,945	5,56	5,393	4,314
Betriebskosten für 1 St.-PS.	0,348	0,278	0,270	0,216

6. Heissluftmaschine, System Bénier, Leistung 2 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	3500	2800	3500	2800
Transport, Montage u. s. w.	350	280	525	420
Anlagekapital	3850	3080	4025	3220
Verzinsung, Amortisation	1,29	1,032	1,35	1,08
Brennmaterialverbrauch zum Anfeuern . .	0,50	0,40	0,50	0,40
Koks ungefähr 2 kg für 1 St.-PS.[1] . . .	2,00	1,60	1,20	0,96
Schmierung, Bedienung u. s. w.	2,50	2,00	2,20	1,76
Betriebskosten täglich	6,29	5,032	5,25	4,20
Betriebskosten für 1 St.-PS.	0,315	0,252	0,263	0,210

7. Petroleummotor, System Lenoir, Leistung 2 PS.

	ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.
Preis der kompleten Maschine	3200	2560
Transport, Montage u. s. w.	480	384
Anlagekapital	3680	2944
Verzinsung, Amortisation	1,23	0,984
Benzinverbrauch ungefähr $1^1/_3$ l per Stunde	6,667	5,334
Kühlwasser, Schmierung, Bedienung u. s. w.	1,50	1,20
Betriebskosten täglich	9,397	7,518
„ für 1 St.-PS. ungefähr	0,47	0,376

[1]) An manchen Orten ist dieses Brennmaterial sehr schwer zu haben und noch entsprechend theurer, da der zum Betrieb dieser Maschine erforderliche Koks von einer ganz besonderen Güte und einer bestimmten Korngrösse sein muss.

8. Kleindampfmaschine, System Hermann-Lachapelle, Leistung 2 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der kompleten Maschine	2400	1920	2400	1920
Transport, Montage, Feuerversicherung u. s. w.	240	192	360	288
Anlagekapital	2640	2112	2760	2208
Verzinsung, Amortisation	0,88	0,704	1,20	0,96
Kohlenverbrauch ungefähr 80 kg täglich (einschliesslich Anfeuerung)	2,40	1,92	1,60	1,28
Kühlwasser, Schmierung, Bedienung u. s. w. .	3,50	2,80	3,25	2,60
Betriebskosten täglich	6,78	5,424	6,05	4,84
„ für 1 St.-PS.	0,339	0,271	0,303	0,2424

Für eine Leistung von 4 PS. erhält man für dieselben Maschinen die folgenden Zahlen.

9. Gasmaschine, System Lenoir, mit Kompression, Leistung 4 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Betriebskosten täglich ungefähr	11,544	9,235	8,782	7,027
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr . .	0,289	0,231	0,22	0,176

10. Heissluftmaschine, System Bénier, Leistung 4 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Betriebskosten täglich ungefähr	9,15	7,32	7,63	6,104
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr . .	0,229	0,183	0,191	0,153

11. Benzinmotor, System Lenoir, Leistung 4 PS.

	ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.
Betriebskosten täglich ungefähr	16,649	13,32
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr	0,417	0,334

12. Kleindampfmaschine, System Hermann-Lachapelle Leistung 4 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Betriebskosten täglich ungefähr	10,12	8,096	8,33	6,604
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr . .	0,253	0,203	0,209	0,167

Im Folgenden soll ferner ein mit Leuchtgas oder Dowsongas betriebener Gasmotor von 25 PS. mit einer Dampfmaschine besten Systems von gleicher Leistung verglichen werden.

13. Zwei-Cylinder-Gasmotor, System Otto, Leistung 25 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	15500	12400	15500	12400
Transportkosten, Montage, Fundament, Mauerwerk u. s. w.	1550	1240	2325	1860
Anlagekapital	17050	13640	17825	14260
Verzinsung, Amortisation u. s. w.	5,68	4,544	5,94	4,752
Gasverbrauch, 20 000 l stündlich	60,00	48,00	40,00	32,00
Kühlwasser, Schmierung, Bedienung ungefähr	5,00	4,00	4,75	3,80
Betriebskosten täglich	70,68	56,54	50,69	40,55
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr	0,283	0,226	0,203	0,163

14. Zwei-Cylinder-Gasmotor, System Otto, mit Dowsongas betrieben, Leistung 25 PS.

	ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	15500	12400
Preis des Gasgenerators	5000	4000
Transport, Aufstellung u. s. w.	2050	1640
Anlagekapital	22550	18040
Verzinsung, Amortisation	7,52	6,016
Gasverbrauch 100 cbm stündlich (= 0,2 kg Anthracit pro cbm) pro Tag ungefähr	6,00	4,80
Kessel	5,00	4,00
Kühlwasser, Schmierung u. s. w.	3,50	2,80
Betriebskosten täglich ungefähr	22,02	17,616
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr	0,089	0,0705

15. Verbunddampfmaschine, System Hermann-Lachapelle, Leistung 25 PS.

	in Paris		ausserhalb Paris	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Preis der Maschine	8500	6800	8500	6800
Preis des Dampfkessels	6500	5200	6500	5200
Transportkosten, Montage, Einmauerung etc.	1500	1200	2250	1800
Anlagekapital	16500	13200	17250	13800
Verzinsung, Amortisation täglich	5,50	4,40	5,75	4,60
Brennmaterialverbrauch ca. 300 kg täglich (einschliesslich Anfeuern)	9,00	7,20	6,00	4,80
Kondensationswasser, Schmierung, Bedienung	7,50	6,00	7,00	5,60
Betriebskosten täglich ungefähr	22,00	17,60	18,75	15,00
Betriebskosten für 1 St.-PS. ungefähr	0,088	0,0704	0,075	0,060

In den folgenden Tabellen sind die berechneten Werthe übersichtlich zusammengestellt.

Betriebskosten in Paris.

Kraftmaschine	Stündliche Leistung 6 mkg		1/3 PS.		2 PS.		4 PS.		25 PS.	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Menschenkraft	0,3 bis 0,4	0,24 bis 0,32	—	—	—	—	—	—	—	—
Druckluftmotor	0,174	0,14	—	—	—	—	—	—	—	—
Gasmotor mit Kompression .	—	—	0,283	0,226	0,384	0,278	0,289	0,231	0,283	0,226
Gasmotor ohne Kompression .	0,186	0,148	0,343	0,275	—	—	—	—	—	—
Heissluftmaschine	—	—	—	—	0,315	0,252	0,229	0,183	—	—
Dampfmaschine	—	—	—	—	0,339	0,271	0,253	0,203	0,088	0,071

Betriebskosten ausserhalb Paris.

Kraftmaschine	Stündliche Leistung 6 mkg		1/3 PS.		2 PS.		4 PS.		25 PS.	
	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.	Frcs.	Mk.
Menschenkraft	0,25 bis 0,3	0,20 bis 0,24	—	—	—	—	—	—	—	—
Gasmotor mit Kompression .	—	—	0,215	0,172	0,27	0,22	0,22	0,176	0,203	0,163
Gasmotor ohne Kompression .	0,142	0,113	0,255	0,204	—	—	—	—	—	—
Heissluftmaschine	—	—	—	—	0,263	0,210	0,191	0,153	—	—
Dampfmaschine	—	—	—	—	0,303	0,242	0,209	0,167	0,075	0,060
Gasmotor mit Dowsongas . .	—	—	—	—	—	—	—	—	0,089	0,071
Benzin- oder Petroleummotor	—	—	—	—	0,470	0,376	0,417	0,334	—	—

Ein Blick auf die obigen Tabellen lehrt, wie auch bereits mehrfach im Früheren hervorgehoben ist, dass die mit Leuchtgas arbeitenden Motoren bei kontinuirlichem Betrieb, sei es in oder ausserhalb Paris, die menschliche Muskelkraft mit grossem Vortheil ersetzen können und vom ökonomischen Gesichtspunkt aus, sowohl den Heissluftmaschinen, als auch den Dampfmaschinen bis zu 4 PS. vollkommen gleich stehen. Hierbei ist hervorzuheben, dass sie gegenüber den letzteren beiden Maschinenklassen zahlreiche Vorzüge besitzen, und dass, wenn es sich auch um eine Leistung von mehr als 4 PS. handelt, sie bei unterbrochenem Betrieb mit grossem Vortheil Anwendung finden können. Ausserdem ergiebt sich aus den obigen Berechnungen, dass bei der Anwendung von Dowsongas die Gasmaschinen auch bei grossen Leistungen und kontinuirlichem Betrieb ebenso vortheilhaft arbeiten, als die besten Dampfmaschinen. Aus der zweiten Spalte der beiden Tabellen geht der bedeutende ökonomische Gewinn bei Anwendung der Kompression klar

hervor, während die erste Tabelle zeigt, dass die Gasmaschinen mit den Pariser Druckluftmotoren den Kampf wohl aufnehmen können.

Die Gasmaschinen sind demnach die einzigen Wärmekraftmaschinen, welche bei kleinen Leistungen den gegenwärtigen Kraftcentralen mit Druckluft, verdünnter Luft, Druckwasser, Elektricität u. s. w. ernstlich Konkurrenz bereiten können, während die Benzin- und Petroleummotoren bezüglich ihrer Betriebskosten noch keine so günstigen Resultate ergeben, diesen Nachtheil jedoch durch andere Vortheile ausgleichen.

Fasst man das Vorhergehende zusammen, so kann man behaupten, dass die Gasmaschinen auf ihrer gegenwärtigen Entwickelungsstufe im Allgemeinen den verschiedenen Kraftmaschinen die Stange halten können, da sie in verschiedenster Weise betrieben werden können und (meistens mit Vortheil) sowohl als stationäre oder lokomobile Maschinen für einen vorübergehenden oder dauernden Betrieb für eine Leistung gleich der menschlichen Arbeitsleistung bis zu Leistungen weit über 100 PS. Anwendung finden können. Sie leisten der Industrie und dem Kleingewerbe bereits gegenwärtig vortreffliche Dienste und es ist wohl ohne Zweifel zu erwarten, dass, sobald die Betriebskosten für 1 St.-PS. noch wesentlich verringert sein werden, sie einen bevorzugten Platz unter allen Kraftmaschinen einnehmen werden. Fragt man, wie man zu diesem Resultat gelangen kann, so sind vor allen Dingen die Betriebskosten und die Anschaffungskosten der Maschinen zu vermindern. Im Laufe der früheren Betrachtungen ist genügend nachgewiesen worden, in wie hohem Maasse der Gasverbrauch der Gasmotoren verringert werden kann, und der erste Weg hierzu liegt lediglich in den an den Gasmaschinen anzubringenden Verbesserungen, welche im Laufe der Zeit zu erwarten stehen. Ein zweites Mittel ist die durch die immer grösser werdende Zahl der, mit dem Bau von Gasmaschinen beschäftigten Fabriken wachsende Konkurrenz. Ein Hinderungsgrund für die Verminderung der Betriebskosten, welcher jedoch schwierig abzuändern sein wird, liegt darin, dass die Petroleumpreise durch die auf demselben ruhenden Zölle ziemlich festgelegt sind, und die Gaspreise durch die mangelhafte Bereitwilligkeit der grossen Gesellschaften, im Allgemeinen ihre Preise zu verringern, begrenzt sind. Ein Nachgeben von Seiten dieser Gesellschaften aber wäre von grösstem Vortheil. Nicht allein, dass dadurch die Betriebskosten für 1 Stunden-PS. wesentlich vermindert werden könnten, sondern dass auch durch den billigeren Betrieb, den sie hierdurch im Allgemeinen ermöglichen würden, der Entwickelung des noch im Anfangsstadium liegenden Gasmotorenbaues ein grosser Dienst geleistet würde, indem hierdurch die Vorliebe der Gasgesellschaften für die Gasmotoren bewiesen wäre. Wie die Erfahrung lehrt, ist auch in letzterer Hinsicht, namentlich in Deutschland, bereits mancher Fortschritt zu verzeichnen, indem hier der Preis des zum Betrieb von Gasmotoren verwandten Gases im Allgemeinen niedriger als für Beleuchtungszwecke ist, und die Gasmotoren sich ungefähr 3 mal so rasch als in Frankreich verbreitet haben, obgleich die Anschaffungskosten für die Ma-

schinen in beiden Ländern nahezu dieselben sind. Die beträchtliche Verringerung der Betriebskosten für eine St.-PS. bei den Gasmaschinen ist daher nur eine Frage der Zeit, und werden die letzteren, wenn dieses Ziel erreicht ist, sich in noch weit höherem Maasse auch für grosse Leistungen einbürgern und die gegenwärtig gebräuchlichen Kraftmaschinen in einer grossen Anzahl von Fällen verdrängen. Bei gleichem Betriebsaufwand haben die Gasmaschinen vor allen Kraftmaschinen eine Menge von Vorzügen voraus, welche im Früheren häufig erwähnt sind und ihnen bereits bis zur Gegenwart einen ungeheuren Erfolg bereitet haben, der ihnen mit vollem Rechte zukommt und in Zukunft ohne Zweifel fortwährend wachsen wird.

Anhang II.[1]

Calorimetrische Untersuchungen der Gasmaschine.

Wohl für keine Wärmekraftmaschine ist die Frage nach der Vertheilung der Wärme, nach den Wärmeverlusten in der Maschine und deren Ursachen, nach dem Einfluss der Cylinderwandungen und der Geschwindigkeit der Maschine auf die Wärmebilanz von solcher Wichtigkeit wie für die Gasmaschine, da keine Wärmekraftmaschine mit so hohen Temperaturen der vermittelnden Körper und nur wenige mit so grosser Geschwindigkeit arbeiten, wie die Gasmaschinen.

Trotz mannigfacher Versuche[2]), welche sowohl in Deutschland, als auch in Frankreich, England und Nordamerika zur Untersuchung der Gasmaschine angestellt wurden, waren bis vor kurzer Zeit die wichtigsten auf die Theorie derselben bezüglichen Fragen nur theilweise gelöst, während gegenwärtig durch die ausserordentlich zahlreichen, mit der grösstmöglichen Genauigkeit und unter Berücksichtigung aller irgendwie in Frage kommenden Umstände ausgeführten Versuche von Slaby[3]) volle Klarheit über viele Vorgänge in der Gasmaschine geschaffen und die wissenschaftliche Grundlage für die Theorie derselben gegeben ist, auf welcher alle ferneren Untersuchungen über die Gasmaschine aufbauen müssen.

Durch diese Untersuchungen sind manche Hypothesen, so namentlich diejenigen des französischen Gelehrten, Prof. Aimé Witz, als unhaltbar erwiesen worden, welche auch der Verfasser dieses Werkes als richtig anerkannt hatte[4]). Leider erschien das Slaby'sche Werk erst nach vollendeter

1) Vom Uebersetzer hinzugefügt.

2) Vergl. S. 145, 149, 154, 171, 185, 203, 204 u. s. w.

3) Calorimetrische Untersuchungen über den Kreisprozess der Gasmaschine von Dr. A. Slaby, Geh. Reg.-Rath und Professor an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin. Berlin, L. Simion, 1894.

4) Siehe S. 36—42.

Drucklegung des ersten Kapitels dieses Buches, so dass auf dasselbe sowie auf diesen Anhang im Text nicht mehr verwiesen werden konnte. Bei der ausserordentlichen Bedeutung der Slaby'schen Untersuchungen nicht nur für die Weiterentwickelung der Theorie, sondern auch für die weitere praktische Vervollkommnung der Gasmaschinen erscheint es dem Uebersetzer daher unerlässlich, die Hauptresultate der Slaby'schen Versuche an dieser Stelle wiederzugeben.

Die auf S. 41 erwähnten Hypothesen von Witz seien zunächst nochmals mitgetheilt.

Witz folgert aus seinen, keineswegs an einer in dauerndem Betriebe befindlichen, sondern für die Versuchszwecke besonders vorbereiteten Maschine angestellten Untersuchungen, dass

1. die Ausnutzung der Wärme mit der Geschwindigkeit der Expansion wachse,

2. die Verbrennung der Ladung um so rascher erfolge, je grösser die Geschwindigkeit der Expansion sei, und

3. der Einfluss der Cylinderwandung um so geringer und der Wirkungsgrad des Kreisprozesses um so grösser sei, je grösser die Kolbengeschwindigkeit der Maschine ist.

Im Gegensatz zu den Witz'schen Versuchen fanden die Slaby'schen Versuche an einer zum dauernden Betriebe einer Dynamomaschine dienenden Maschine[1]) statt.

Es ist hier nicht der Platz, auf die ausserordentlich exakten Versuchsmethoden und Prüfungsmethoden der zu den Versuchen angewandten Messinstrumente einzugehen und muss hierfür auf das Werk selbst verwiesen werden. Ganz besonders bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht das VII. Kapitel, welches sich mit der Aichung der Indikatoren beschäftigt.

Das Werk zerfällt in 13 Kapitel, von denen das 1. den Heizwerth des Leuchtgases, das 2. die Verbrennungsprodukte, das 3. die Versuchseinrichtungen und Messmethoden, das 4. die Kolbenreibung, das 5. die Versuche über den Einfluss der Kolbengeschwindigkeit, das 6. die Füllungsperiode der Gasmaschine, das 7. die Aichung der Indikatoren, das 8. die Kompressionsperiode, das 9. die Zündungsperiode, das 10. die Expansionsperiode, das 11. die Entleerungsperiode, das 12. den Einfluss der Kolbengeschwindigkeit auf die Wärmebilanz und das 13. den Einfluss der Wandungstemperatur behandelt.

Die folgenden, die Resultate der Versuche zusammenfassenden Sätze sind theilweise dem Sinne nach, theilweise wörtlich dem Original entnommen.

1. Die durch die Reibungsarbeit des Kolbens der Gasmaschine erzeugte Wärme ist der mittleren Wandungstemperatur umgekehrt proportional und beträgt beispielsweise bei 40^0 [2]) (entsprechend der gebräuch-

[1]) Einer zweicylindrischen, liegenden, achtpferdigen Otto'schen Gasmaschine, der Betriebsmaschine des elektrotechnischen Laboratoriums der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.

[2]) Sämmtliche Temperaturen hier und in der Folge in ° Celsius.

lichen Temperatur der Abgase von 70°) 6,5% der gesammten, in indizirte Arbeit verwandelten Wärme (S. 39)[1].

2. Die absolute Ansaugespannung der Gasmaschine ist einzig und allein von der Tourenzahl derselben abhängig, dagegen unabhängig von der allgemeinen Erwärmung der Maschine und nimmt mit wachsender Tourenzahl ab (S. 55).

3. Die absolute Auspuffspannung ist gleichfalls nur eine Funktion der Tourenzahl und nimmt mit wachsender Tourenzahl zu (S. 59).

4. Die Temperatur der Ladung am Ende der Saugperiode ist um etwa 100° höher, als die Temperatur des abfliessenden Kühlwassers (S. 64).

5. Die Temperatur der Rückstände wächst mit der Auspuffspannung, also auch mit der Geschwindigkeit der Maschine und mit der mittleren Wandungstemperatur (S. 65).

6. Das Gewicht der in der Maschine verbleibenden Rückstände nimmt mit wachsender Geschwindigkeit ab (S. 69).

7. Die während der Füllungsperiode an das Kühlwasser übertragene Wärme nimmt mit wachsender Geschwindigkeit erheblich zu (S. 69).

8. Die Kompression der Ladung findet polytropisch statt und ist die Kompressionsspannung nur abhängig von der Geschwindigkeit der Maschine (S. 145).

9. Während der Kompression findet eine relativ geringe Wärmeabfuhr an die Cylinderwandungen statt, deren Betrag mit zunehmender Geschwindigkeit abnimmt.

10. Die Zündungsgeschwindigkeit nimmt mit wachsender Tourenzahl zu, die Zündzeit dagegen ab (S. 164).

11. Die Zündung der Ladung erfolgt zunächst durch eine Initialexplosion im Zündkanal und sodann durch eine in die Ladung hineinschlagende Flamme, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit dem mittleren Gasreichthum der Ladung und der Kolbengeschwindigkeit der Maschine wächst und von der örtlichen Lagerung der Gasmassen, d. h. der grösseren oder geringeren Homogenität der Ladung abhängig ist. Die Verbrennung der ganzen Ladung ist nach ungefähr 0,03 bis 0,06 Sekunden beendet und findet während der Expansion kein sogenanntes Nachbrennen statt (S. 161 und 162).

12. Die während der Verbrennungsperiode (bei einer Maximaltemperatur von etwa 1600°) in die Cylinderwandungen übergeführte Wärme beträgt nur 8—13% der Gesammtwärme, so dass man annehmen muss, dass sich der Verbrennungsvorgang zum allerwesentlichsten Theil in dem inneren, von indifferenten Gasmassen umhüllten Kern der Ladung abspielt (S. 162).

13. Während der Expansion findet fortwährend eine starke Wärmeabfuhr an die Cylinderwandungen und zwar zu Anfang in abnehmendem, weiterhin in steigendem Tempo statt. Der Grund hierfür liegt in dem kom-

[1] Seitenzahlen des Slaby'schen Buches.

binirten Einfluss der abnehmenden Temperaturen und zunehmenden Wandungsflächen (S. 177).

14. Die Entleerungsperiode der Gasmaschine zerfällt in den „Auspuff" unter Ueberdruck während des letzten Zehntels des Arbeitshubes und in die „Ausstossung" während des Rückganges des Kolbens. Die während der Entleerungsperiode in die Cylinderwandungen übergeführte Wärmemenge nimmt mit wachsender Geschwindigkeit der Maschine zu (S. 196).

15. Die positive indizirte Arbeit der Maschine wächst mit der Kolbengeschwindigkeit, wenn auch nur in geringem Maasse (S. 197).

16. Der thermische Wirkungsgrad, d. h. das Verhältniss der in indizirte Arbeit umgesetzten Wärme zur gesammten entwickelten Wärme hängt vom Mischungsverhältniss ab und ist um so grösser, je gasärmer die Ladung ist (S. 199). Derselbe erfährt mit wachsender Geschwindigkeit nicht nur keine Zunahme, sondern sogar eine geringe Abnahme, weshalb derselbe lediglich durch Steigerung der Umdrehungszahl der Maschine niemals verbessert werden kann (S. 201). Die Abnahme desselben bei wachsender Geschwindigkeit ist allein schon eine Folge der Zunahme der negativen Arbeit, d. h. der Reibungsarbeit der Maschine (S. 202).

17. Bei gleichen Auspufftemperaturen ist die minutlich an das Kühlwasser abgeführte Wärmemenge um so grösser, je gasreicher die Ladung ist (S. 204).

18. Die in den Abgasen abgeführte Wärmemenge wächst mit der Geschwindigkeit der Maschine, ist dagegen vom Mischungsverhältniss unabhängig (S. 208).

19. Eine Steigerung der mittleren Wandungstemperatur hat eine Abnahme des Füllungsvolumens zur Folge (S. 212).

20. Der Kreisprozess der Gasmaschine ist bei niedrigen Kühlwassertemperaturen am günstigsten und wird von der steigenden Temperatur des Wassermantels ungünstig beeinflusst, welcher schädliche Einfluss sich auch bei grösserer Geschwindigkeit der Maschine in gleicher Weise geltend macht (S. 216).

21. Der thermische Wirkungsgrad hat von der Erhöhung der Wandungstemperatur keinen Vortheil, vielmehr hat sich bei allen Versuchen eine geringe Abnahme desselben ergeben.

Der Satz von Prof. Witz: „Man muss streben, die Wärme bei möglichst hoher Eigentemperatur der Wandungen in Arbeit zu verwandeln" hat sich mithin ebenso wie das Gesetz über den vortheilhaften Einfluss der Kolbengeschwindigkeit auf den Wirkungsgrad des Kreisprozesses als vollkommen unzutreffend erwiesen (S. 230).

Anhang III.[1]

Der Leerlaufsgasverbrauch.

Bei den meisten Versuchen, welche im Vorstehenden mitgetheilt sind, ist ausser dem Gasverbrauch für die normale und grösste Leistung auch der Leerlaufsgasverbrauch ermittelt worden. Vergleicht man die für letzteren gefundenen Werthe untereinander, so zeigt sich eine gewisse Uebereinstimmung der auf eine nominelle bezw. auf eine Bremspferdestärke bezogenen Leerlaufsgasverbrauchszahlen, auf welche hingewiesen zu werden verdient.

Bei den auf S. 149 mitgetheilten, neuesten Versuchen mit Otto'schen Motoren ergiebt sich für den stündlichen Leerlaufsgasverbrauch ein Mittelwerth von 210 l, bezogen auf eine nominelle PS. und 166 l. bezogen auf eine Bremspferdestärke. Das Verhältniss beider Werthe ist gleich 1,265, während das Mittel aus den Verhältnissen der gebremsten zu den nominellen Leistungen 1,273 beträgt. Man kann daher wohl die Bremsleistung zu $^5/_4$ der nominellen Leistung annehmen und umgekehrt den Leergangsgasverbrauch, bezogen auf eine nominelle PS. zu $^5/_4$ des auf die Bremspferdestärke bezogenen Leergangsgasverbrauches in Anrechnung bringen.

Eine ähnliche Uebereinstimmung findet sich bei anderen Motoren.

Aus der Tabelle auf S. 171 folgt für die Körting'schen Motoren zunächst das mittlere Verhältniss der gebremsten zur nominellen Leistung zu 1,307, der mittlere Leergangsgasverbrauch bezogen auf eine nominelle PS. zu 199,4 l und der mittlere, auf eine Bremspferdestärke bezogene Gasverbrauch zu 142 l, also das Verhältniss beider zu 1,400.

Bedeutend höher ergeben sich diese Zahlen bei dem Charon-Motor, S. 184, bei welchem der auf die nominelle PS. bezogene mittlere Leerlaufsgasverbrauch 383,3 l, der auf die grösste Bremsleistung bezogene Leerlaufsgasverbrauch dagegen 280 l und das Verhältniss beider 1,36 beträgt.

[1]) Vom Uebersetzer hinzugefügt.

Berechnet man genau in derselben Weise für die verschiedenen anderen Motoren dieselben Zahlen, so erhält man folgende Uebersicht.

Motor	Leerlaufsgasverbrauch auf 1 nom. PS. bezogen	Leerlaufsgasverbrauch auf 1 Brems-PS. bezogen	Verhältniss beider Werthe
1. Otto	210 l	166 l	1,265
2. Körting . . .	199,4 „	142 „	1,400
3. Charon	383,3 „	280 „	1,360
4. Lutzky	235 „	223,8 „	1,05
5. Kappel	196,3 „	145 „	1,353
6. Hille	232 „	169,8 „	1,36

Lässt man aus dieser Zusammenstellung die Charon'schen Zahlen als zu abweichend fort, so kann man für die übrigen Motoren den Leergangsgasverbrauch bezogen auf eine nominelle PS. im Mittel zu 230 l oder rund $^1/_4$ cbm für Maschinen über 3 oder 4 PS. angeben, den auf eine Bremspferdestärke bezogenen Leergangsgasverbrauch dagegen im Mittel zu 170 l oder rund $^2/_{10}$ cbm.

Die vorstehenden Zahlen haben selbstverständlich keine allgemeine Gültigkeit, indessen können sie doch für die Beurtheilung der Leistungen einer Maschine insofern von Werth sein, als bei einem zu auffallenden Abweichen etwa gefundener Werthe von diesen Mittelwerthen die Leergangsarbeit einer Maschine unverhältnissmässig gross ist, woraus man auf Verstopfungen, Verschmierungen, starke Reibungswiderstände, Undichtigkeiten der Kolben, Ventile oder Schieber u. s. w. in der Maschine schliessen kann.

Da man den Gasverbrauch für eine effektive PS. für kleinere Maschinen bis zu 6 PS. zu etwa 700—800 l, denjenigen für grössere Maschinen zu etwa 600—700 l annehmen kann, so kann der Leergangsgasverbrauch auf Grund obiger Mittelzahlen zu etwa einem Drittel des Gasverbrauches für die effektive PS. angesetzt werden.

Tabelle der Produkte (

Roh-Pet

Entstehung. Dasselbe wird von manchen Fachgelehrten als Destillations-
produkt der Steinkohle, von wieder anderen als das Produkt chemischer Reaktionen
ganzen Erde, in grösseren, zur Ausbeute geeigneten Ansammlungen hauptsächlich in
Absaugen aus den Quellen bezw. Bohrlöchern. — **Eigenschaften.** Meistens flüssig
Drei Hauptarten: Amerikanisches Petroleum, Kohlenwasserstoffverbindungen der Gr
setzung, enthalten jedoch ausserdem aromatische Kohlenwasserstoffverbindungen.
Petroleumarten sind unlöslich im Wasser, haben einen specifischen, penetranten Geruc
vom specifischen Gewicht 0,700—0,883. — Das Aegyptische Petroleum erreicht ein s
in festem Zustand findet sich das Petroleum und ist bekannt unter dem Namen Erdw

Destillation des P

Die Destillation des Roh-Petroleums in Retorten, welche durch überhitzten Wa

Erwärmung von 0° bis 150° C.

Roh-Naphta oder Petroleumessenz. Ausbeute 5% bis 20% des Volumens des Roh-Petroleums. Farblos, sehr stark riechend.

Spec. Gewicht: { Amerikan. Petroleum . . . 0,700 / Kaukas. Petroleum von Baku 0,750

Reinigung. Durch Behandlung mit 1 oder 2% Schwefelsäure, Waschen und langsamer Destillation erhält man:

von 0°—30° C.	von 60°—96° C.	von 96°—146° C.
Rhigolen.	**Petroleumäther.**	**Schwere Oele.**
Spec. Gewicht von 0,623 bis 0,65. Sehr leicht entzündbar. Ausbeute 2—3% des Volumens des Rohpetroleums.	(Gasolin, Canadol, B.-Naphta.) Spec. Gewicht von 0,65 bis 0,70. Entzündbar bei einer Temperatur unter 0° C. In Alkohol löslich. Anwendung: Zum Entfetten, Reinigen, zur Herstellung wasserdichter Gummistoffe, zur Aufbewahrung anatomischer Präparate, zur Karburirung der Luft.	(Ligroin, Benzin.) Spec. Gewicht von 0,70—0,745. Entzündbar zwischen 0° und 5° C. bilden mit Luft sehr explosible Gemische. Lösen Schwefel, Fette und Harze auf. Anwendung: In der Färberei (Benzin), Brennöl für Lampen (Ligroin). Bei einem spec. Gewicht von 0,73—0,745 dienen die geruchlos gemachten Oele als Ersatz von Terpentin zur Malerei, zur Kautschuk-Fabrikation.

Erwärmung von 150°—270° (

Kerosen oder Brennöl.

Ausbeute 45—70% des Vo
des Rohpetroleums.

Reinigung. Beimischun
von 1—2% Schwefelsäur
Durchblasen von Luft. Ab
scheiden der schweren Bestand
theile, Entweichen der schwe
ligen Säure, Niederschlager
Waschen, Austreiben der noc
vorhandenen Säure durch Soda
Nochmaliges Waschen, voll
ständiges Austreiben der leich
teren Oele. Entzündbar a
brennenden Zündhölzern etc.
Farblos oder nur schwach
gelblich, hellklar. Spec. Ge
wicht verschieden nach dem
Herkommen:

Amerika 0,790—0,810
Baku 0,805—0,835

Nach französischen Bestim-
mungen muss amerikanisches
Petroleum 80% normales
Brennöl, 5% leichtes Oel, 15%
schweres Oel enthalten. Die
Entzündbarkeitstemperatur
darf nicht unter 43° C. liegen.
[In Deutschland und Oester-
reich beträgt das Entflam-
mungsminimum 21° C., in Eng-
land 22,8° C., in Russland 28° C.
Vergl. Veith (s. Fussnote 1)
p. 248].
Die russischen Oele sind farb-
los, brennen besser und heller,
und sind billiger. Ihr Gehalt
an normalem Brennöl beträgt
80%, und liegt ihre Entzün-
dungstemperatur bei manchen
Sorten erst bei 67° C.

1) Nach den neuesten Untersuchungen von Höfer und Engler (Ber. d. deuts
und zwar ein Zersetzungsprodukt der Thierreste früherer geologischer Epochen, insbes
thieren (s. A. Veith, Das Erdöl und seine Verarbeitung. Braunschweig, Vieweg, 1892,

Petroleum.

llationsprodukt thierischer und pflanzlicher Organismen, von anderen als Destillations-
ctionen angesehen[1]). — **Vorkommen.** Dasselbe findet sich in geringen Mengen auf der
llich in Nordamerika und im Kaukasus. Die Gewinnung geschieht durch Abfangen bezw.
flüssig, Mischung von gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffverbindungen.
der Gruppe $C_{2n}H_{2n+2}$; manche kaukasische Petroleumarten haben dieselbe Zusammen-
gen. Petroleum von Baku, Kohlenwasserstoffverbindungen der Gruppe $C_{2n}H_{2n}$. — Alle
Geruch und sind fettig anzufühlen. Das Rohpetroleum ist eine, selten klare, Flüssigkeit
t ein specifisches Gewicht von 0,935 und hat das Aussehen des Steinkohlentheers. Auch
Erdwachs, Ozokerit u. s. w.

es Roh-Petroleums.

n Wasserdampf geheizt werden, ergiebt folgende Produkte:

-270° C.
nnöl.
des Vol.
ischung
elsäure,
t. Ab-
lestand-
schwef-
hlagen,
er noch
h Soda.
, voll-
r leich-
ar an
n etc.
hwach
c. Ge-
h dem
310
335
estim-
isches
nales
l, 15%
. Die
atur
iegen.
lester-
tflam-
Eng-
28° C.
ote 1)
farb-
ieller,
Gehalt
eträgt
ntzün-
nchen

Rückstände

Theerartig. Ausbeute 10—30 % des Vol. des Rohpetroleums; fettig, braunroth, auch grünlich schillernd. Durch Destillation über offenem Feuer erhält man:

Schwere Oele.

Spec. Gewicht: 0,83—0,89. Oele von ca. 0,83 dienen noch als Brennöle, solche vom spec. Gewicht 0,89, bekannt unter der Bezeichnung „Gasöl", eignen sich vortrefflich zur Erzeugung von Fett oder Oelgas durch Verdampfung in glühenden Retorten. Die beste Ausbeute an Oelgas wird bei Kirschrothgluth erzielt.

100 kg dieses Oels liefern im Maximum 60 cbm Brenngas.

Schmieröle.

Dieselben bedürfen der Reinigung. Letztere geschieht durch Zusatz von 4—5 % Schwefelsäure, Waschen und Neutralisiren der Säure durch Soda. Abkühlung unter 0° C., Verdichtung durch hydraulische Pressen.

Produkte.

Schmieröle.

Die aus der Presse ausfliessenden Oele dienen zur Schmierung von Maschinen.

Specif. Gewicht: 0,865—0,920. Zähflüssig, syrupartig; Farbe citronengelb bis braunroth.

Entzündungstemperatur zwischen 150° C. und 300° C. Schmelzpunkt zwischen — 25° C. und + 10° C.

Paraffin.

Rückstand in der Presse. Reinigen durch Centrifugen, Eingiessen in Wasser von 100° C., Zusetzen von SO_3HO, Abgiessen, Pressen, Neutralisiren etc.

Weiche, weissliche, geruchlose, geschmacklose, halbdurchscheinende Masse, unlöslich in Wasser.

Specif. Gewicht: 0,869 bis 0,943, Schmelzpunkt zwischen 33° und 61° C., Siedepunkt 300° C.

Rückstände.

Durch Behandeln der dicken Rückstände mit Schwefelsäure gewinnt man das **Vaselin**, eine gelbliche Masse. Spec. Gewicht: 0,860. Weich anzufühlen, flüssig bei 33° C. Geruchloses, geschmackloses Paraffin, luftbeständig, nicht verseifbar, dient zum Ersatz der thierischen Fette in der Pharmacie und Parfümerieindustrie.

Die **theerartigen**, weiteren Rückstände können als Brennmaterial oder als Desinfektionsmittel Verwendung finden.

Nach vollendeter Destillation bleibt eine **koksartige Masse** zurück, welche als Brennmaterial unter Anwendung eigenartiger Roste verwandt wird. Dieselbe kann auch in manchen Fällen als Ersatz von Koks dienen.

deutsch. chem. Ges. 21 p. 1816; 22 p. 592) ist das Erdöl animalischen Ursprungs
insbesondere von Fischen, Sauriern, Korallenthieren, Muscheln und anderen Weich-
1892, p. 92 u. ff.). Anmerkung des Uebersetzers.

Litteratur-Verzeichniss.

I. Gasmotoren.

The Acme gas engine. Ind. 5. p. 77. Eng. 60. p. 285.
Adams, Ventil-Gasmotor. Sprechsaal 21. p. 35.
— Zwillings-Gasmotor. Skizzenb. 32. H. 8; Maschinenb. 25. p. 359; Erfind. 17. p. 444.
— 4 cylinder 30 horse gas engine. Gas Light 55. p. 116.
Adam, Körting, Lutzky, Neuere Gas- und Petroleummaschinen. Zeitschr. d. Ing. 35. p. 963. F.
The Ajax gas engine. Eng. 68. p. 123.
The Albion gas engine. Mech. World 3. p. 16; Iron 32. p. 565; Electr. 22. p. 289; Inv. 11. p. 78.
Allison's Gas Engine. Eng. 1893. p. 411.
Gas Engine H. H. Andrew and A. R. Bellamy. Engng. 1893. p. 625; Rev. ind. 1894, p. 261.
Arson, Moteur à gaz. Aér 22. p. 264.
Atkinson's cycle gas engine. Engng. 46. p. 621; Iron 34. p. 71; Masch. Const. 22. p. 154; Mech. World 5. p. 156; Text. Man. 15. p. 197; Frankl. J. 127. p. 437; Street R. 7. p. 307; El World 17. p. 424; Sc. Am. Suppl. 31. p. 12907; Sc. Am. 64. p. 339; Gas Lihgt 54. p. 817; Iron A. 47. p. 1021.
The Bakers gas engine. Ind. 10. p. 388; Uhland's T. W. 6. p. 13.
Barker's forward gas engine. Engng. 47. p. 227; Mech. World 8. p. 117; Iron 40. p. 90.
Bakus Water Motor Co. Newark, vert. 2 Takt Gasengine. Am. Mach. 16. No. 9.
Der Beck-Gasmotor. Uhland's T. W. 2. p. 240.
Benz gas-carriage. Sc. Am. 60. p. 9.
— moteur à gaz horizontal. Portef. éc. 36. p. 10.
Gas Engine J. P. Binns. Engng. 1893. 131.
Bizot soupape de poche pour moteurs à gaz. (Ventil, welches das Flackern der Gasflammen verhütet.) Rev. ind. 21. p. 116.
Büsse und Ziesche, Gasmotoren der Firma — in Deuben bei Dresden. Schlosser-Ztg. 7. p. 192.
The Caldwell-Charter gas engine. Am. Miller 20. p. 414; Sc. Am. 66. p. 274, 1892.
The Campbell gas engine. Iron 35. p. 486; Inv. 11. p. 292, 946; Iron 36. p. 509.
— — ammonia gas engine. (Zum Schiffsbetrieb.) Gas Light 55. p. 154; Text. Man. 17. p. 439; Engl. Mech. 52. p. 390, 1891.
— — gas engine. Eng. 73. p. 471; 76. p. 521; 77. p. 53; Rev. ind. 23. p. 393; Engng. 53. p. 525.

Campbell's Gas Engine. Engng. 1893. 369.
Capitaine, Petroleummotor. System —. Uhlands T. W. 4. p. 320; El. Anz. 7. p. 1284.
Capitaine, Gas- und Petroleummotor mit rascher Expansion. Zeitschr. d. Ing. 1890, 976; Journ. Gasbel. 34. p. 134.
Charon moteur à gaz à détente variable par le regulateur. Rev. ind. 20. p. 422, 1893 p. 133; Z. Transp. 6. p. 318; Uhlands W. T. 3. p. 341; Technol. 52. p. 49; Portef. éc. 1891. p. 183; Prakt. Maschin. Constr. 25. p. 97; 1893, p. 190.
The Charter gas engine. Engng. 45. p. 151; Inv. 10. p. 310; Am. Mail. 25. p. 9; Am. Miller 19. p. 240.
Claussen, Gasmotoren für die Kleinindustrie. Ann. Gew. 28. p. 134.
Clerk-Lanchester Gas Engine. Eng. 1893, p. 550; Elektr. Rev. 33. p. 93.
Cock, Gas Engine. Engng. 1893, p. 683.
The Connelly gas motor on street railways. Street R. 1889, 5. p. 112; Iron 41. p. 180.
Moteur à gaz Connelly pour tramways. Technol. 53. p. 20, 1891; Eng. 74. p. 291.
Crossleys vertical gas engine. Ind. 7. p. 461; Text. Man. 16. p. 618; Engng. 50. p. 603; Mech. World 8. p. 226; Iron 36. p. 311.
— 60 HP. gas engine. Mech. World 11. p. 144; Portef. éc. 37. p. 136; Engng. 53. p. 55; Sc. Am. 66. p. 355; Iron 39. p. 173.
Crouan, Gasmaschine Rev. ind 1894 p. 324.
The Day single and double gas engine. Eng. 74. p. 178; Iron 40. p. 179.
Day's reversible gas engine. Eng. min. 54. p. 271.
Delamare, Debouteville et Malandin, Moteurs à gaz pauvre. Gén. civ. 22. p. 148; Rev. Ind. 42; Industr. 14, 361; Prakt. Masch. C. 1893. p. 58.
Delamare, Construction of gas engines. J. Gas L. 54. p. 125.
Ducretet, Filtre pour moteurs à gaz. Bull. d'enc. 87. p. 168.
Der Van Duzen-Gasmotor. Techniker 11. p. 131; Mech. 11. p. 212; Builder a Woodw 21. p. 140.
Van Duzen's gas and gasoline engine. Man. Build. 22. p. 74, 23. p. 26.
Gasmotor der Maschinenfabrik Dürkopp. Uhlands W. T. 3. p. 77.
Dürkopp & Co., Geräuschloser Gasmotor. Ind.-Z. 30. p. 267; Gew.-Z. 54. p. 248.
Dürr's Gasmotor. J. Gasbel. 33. p. 411.
Ebbs, Die Gasmotoren der Pariser Weltausstellung. Ztg. d. Ing. 1890, 97, 125, 175.
The Fawcett gas engine. Electr. 24. p. 556; El. Rev. 26. p. 337; Iron 35. p. 332.
Fieldings gas engine. Iron 36. p. 200; Engng. 52. p. 126; 55, p. 100; Mech. World 9. p. 227; Iron 37. p. 554; 38. p. 6; Eng. 77. p. 197.
Fielding-Platte, Moteur à gaz à soupape unique. Rev. ind. 23. p. 186, 1892.
Fielding and Platt, Gas Engine. Eng. 1893. 548, 577.
Fielding, 200-pf. Tandem Gasmot. Engng. 57. p. 353.
Firrill's equalizing gas machine. Man. Build. 20. p. 268; Can. Mag. 17. p. 41.
Fletcher's valve controlling device for gas engines. Worlds P. 14. p. 311.
The Forward gas engine. Eng. 67. p. 294; Iron Age 43. p. 544; Techniker 11. p. 102; Eng. 70. p. 27, 77. p. 292; Iron 36. p. 227.
The „Forward" gas engine with Lanchester's self starting gear. Eng. 72. p. 149; Rev. ind. 21. p. 285, 445; Eng. min. 52. p. 309.
Freytag, Die Gaskraftmaschinen und Kleinmotoren auf der Weltausstellung in Chicago. Ztg. d. Ing. 1893 p. 1227. 1894 p. 727.
Gardie, Mot. à gaz à gazogène. Rev. indust. 1893. p. 21.
Gasmaschine. Z. d. Ing. 1892. p. 1442.
Gas- und Oelverbr. gröss. Gasmasch. Z. d. Ing. 1892. p. 871.
Gasmasch. f. elektr. Station. Ind. 11. p. 66.
„Gnom", Gasmot. v. Seck u. Co. Schloss.-Ztg. 1892. p. 55.
Griffin gas engine. Eng. 65. p. 368 etc., 76. p. 452; Engng. 45. p. 361; Ind. 4. p. 374; Iron 32. p. 168, 34. p. 397; Uhland T. W. 1889. p. 11.

Guenet. Mot. à gaz de faible puissance. Nat. 1892, Bd. 20, 2 p. 205.
Hale, Moteur à gaz. Rev. ind. 21. p. 154; Masch. Const 23. p. 194.
— Gasmotor. Maschinenb. 26. p. 199.
Hering, Gas engines with electrical ignition. Mech. World 7. p. 218; Gas Light 52. p. 697.
Herrmann, Gas- und Benzinmotoren. El. Rundsch. 10. p. 29.
The Hicks gas engine. Iron Age 50. p. 1159.
Humphry's gas engines in small gas-works. J. Gas L. 58. p. 113; Gas Light 55. p. 187.
Jouanne, Le développement des moteurs à gaz. Gaz. 35. p. 85.
Irwin, Gas Tramcar Engines. Eng. 1893 II, 424.
Kitson's variable crank motion for gas engines. Man. Build. 24. p. 79.
Körting, Eine neue von Gebr. Körting erbaute Gasmaschine. Zeitschr. d. Ing. 32. p. 471; Can. Mag. 16. p. 88; Am. Mach. 1888. 11. Nr. 7.
Körting's 26 HP. horizontal gas engine. Engng. 52. p. 563.
Labbin's 3 cylinder gas motor. Sc. Am. Suppl. 29. p. 11904; Engl. Mech. 51. p. 194; Gén. civ. 16. p. 271.
Lanchester's starting gear for gas engines. Mech. World 1892. 11. p. 262.
Large, Gas Engines, Steam Power and Gas Producers. Eng. 1893, 501.
— Gas and Steam Engines. Eng. 1893. 470.
Lea's starter for gas engines. Electr. 21. p. 573.
The Leed's gas engine. Ind. 9. p. 113.
Lencauchez, Les moteurs à gaz. Mém. S. ing. civ. 44. 2. p. 422.
Levasseur, Moteur à gaz. Rev. ind. 23. p. 313.
Lewis and Son, Hand Power Starter for Gas and Oil Engines. Eng. 1893. II, 222.
Lutzky's Gasmotor. J. Gasbel. 1889. 32. p. 1092; Bayr. Ind. Gew. Bl. 1893. p. 63.
— Gasmotor. Skizzenb. 1892. Bd. 34. Heft 10. Bl. 3; Hüttenzeichnungen 1891. Taf. 4a bis 4c.
Maschinenbaugesellschaft München, Gasmotor. Gew. Z. 56. p. 149; Engng. 52. p. 7; Ind. 11. p. 231.
The Nash gas engine for electric lighting. El. World 13. p. 17; Iron A. 43. p. 229; Uhlands W. T. 3. p. 226; Techniker 11. p. 66.
— — gas engine. Ind. 9. p. 50; Iron 35. p. 555.
National meter Co., Gas engine and pump. Iron Age 45. p. 887; Ind. 8. p. 485; Iron 36. p. 68.
Neuere Gasmaschinen. Dingl. 274. p. 7; Z. d. Ing. 1891 p. 963, 996, 1892 p. 291, 596 etc.
Neuere Gasmaschinen. Dingl. 280. p. 1, 288. p. 101, 1894. p. 178; Lum. électr. 1894. p. 120; Uhland's Techn. R. 1894. p. 158.
Nib, Gas Engines. Eng. 1893 II, 447.
Niel, Moteur à gaz. Mem. S. ing. civ. 44. 2. p 380; Rev. ind. 22. p. 21; Rev. méc. 1. p. 77; Rev. ind. 1893. p. 385; Gèn. civ. 23. p. 332.
W. v. Oechelhauser and H. Junkers, Gas Engine. Engng. 1893. p. 31.
Otto, Gas engine. Gas Light 51. p. 683.
— gas engine of 1/3 horse power. Sc. Am. 61. p. 227.
20 HP. Otto gas engine. Street R. 6. p. 323.
100 HP. Otto engine. El. Eng. 10. p. 549.
Kidwell, Keller, test of an Otto gas engine. Gas Light 52. p. 208; Frankl. J. 129. p. 115; Masch. Const. 1890. p. 45.
Crossley's one horse power Otto gas engine. Iron 36. p. 422.
Otto, Gas engine of 120 HP. Iron A. 47. p. 1.
Otto's Maschine mit Dynamo direkt gekuppelt. El. Eng. 13. p. 375.
New gas engine of the Otto gas engine works Philadelphia. Am. Mach. 15. Nr. 11.
Stockport-Otto Cycle Gas Engine 16 HP. Eng. 1893. p. 549.
Crossley's Otto Gas Engine. Eng. 1893. p. 576.
Double-acting Otto Gas Engines, Dick, Kerr and Co. Eng. 1893. p. 452, 465.

The Palatine gas engine. Ind. 11. p. 409; Eng. 1892. 74. p. 576; Eng. 1893. p. 29.
Paton, Gas Engine. Engng. 1893. p. 193.
Paukscli's Gasmotor. Papier-Z. 15. p. 216.
Pennsylvania Globe Co., Automatic gas machines. Man. Build. 23. p. 97.
The Purnell gas engine. Iron 34. p. 394, 36. p. 250.
Ragot, Moteur à gaz. Rev. ind. 22. p. 402.
Raval, now. mach. à gaz vert. (2 Takt) 480 Umd. Gén. civ. 23. p. 321.
Moteur à gaz Ravel. Gaz 32. p. 149; desgl. 31. p. 171; Chron. ind. 11. p. 98; Rev. ind. 19. p. 461; Technol. 51. p. 31; Gén.-civ. 17. p. 88; Gaz 33. p. 221; Rev. él· 11. p. 157; Rev. ind. 21. p. 297.
Reading, District Gas Engine Sewage Pumping Plant. Eng. 1893. p. 433.
The Robey gas engine. Text. Man. 18. p. 329; Eng. 74. p. 325.
Robey and Co., 86 HP. Gas Engine. Eng. 1893. p. 544, 550.
Robinson's gas engine. Eng. 74. p. 56; Iron 40. p. 288.
Robson's shipley gas engine. Ind. 9. p. 297.
The Rollason gas engine. Iron 48. p. 362; Eng. min. 52. p. 481; Gas Light 55. p. 366; Am. Mach. 14. Nr. 38; Man. Build. 23. p. 241; El. World 18. p. 161; Man. Build. 24. p. 32; El. Rev. N. Y. 19. p. 265.
Root's economic gas engine (Otto cycle). Ind. 12. p. 200; Sc. Am. Suppl. 34. p. 14093; Engng. 53. p. 167; Eng. 1893. p. 504, 75 p. 257.
Santenard, Neue Gaskraftmaschine. Ind.-Z. 39. p. 387.
Schleicher's gas engine and pump. Iron A. 43. p. 391.
Schleicher-Schumm's gas dynamo for central station. Ind. 12. p. 588.
Schöttler, Neuere Gas- und Petroleummaschinen. Zeitschr. d. Ing. 1891. 35. p. 963, 996.
Delamare's 100 HP. gas engine „Simplex". Sc. Am. Suppl. 28. p. 11416, 11642; Eng. 68. p. 147; Engng. 48. p. 38, 153, 377; Ind. 7. p. 27, 97; Gas Light 51. p. 107; Rev. ind. 20. p. 413; Technol. 51. p. 19; Publ. ind. 32. p. 545; Ingen. 12. p. 226; Masch. Constr. 23. p. 58; Eng. 69. p. 374; Portef. éc. 35. p. 161; Gén. civ. 23. p. 190.
Witz, moteur „Simplex". Bull. d'enc. 90. p. 69; Rev. ind. 22. p. 13; Gén civ. 18. p. 204.
The Sintz gas engine. Am. Mach. 14. Nr. 44; El. World 18. p. 421. 1891; Iron 38. p. 246.
Southall, J., Gas Engine. Engng. 1893. p. 349.
Sperry's duplex gas engine. Eng. min. 50. p. 338; Gas Light 53. p. 339; El. Eng. 10. p. 317; El. World 16. p. 198. 1890.
The Stockport gas engine. Mech. World 6. p. 106; Iron 1890. Bd. 35. p. 3.
Sturgeons gas engine. Eng. 65. p. 483; Techniker 10. p. 138.
Swinburne, Gas engines for electrical supply stations. Ind. 11. p. 66.
Tangye's Gas Engine. Eng. 1893. p. 576.
Moteur à gaz Taylor. Chron. ind. 11. p. 87; Mech. World 6. p. 7; T. Recorder 7. p. 177; Iron 34. p. 112; Rev. ind. 21. p. 33; Engng. 52. p. 26; Iron 38. p. 70.
The Trent gas engine. Electr. 25. p. 132; Rev. ind. 21. p. 491; Mech. World 8. p. 187; Man. Inv. 5. p. 55; Iron 37. p. 383.
Tryer, F. J., Gas Engine. Engng. 1893. p. 815.
Unfallausstellung, die Gas- und Petroleumotoren der —, Maschinenbauer 1889. Bd. 6. p. 379.
Wattle's Gasmasch. mit differ. Kolb. Iron Age 1894. p. 599.
Werkzeugmaschinenfabrik Union, Chemnitz. Gasmotor. Skizzenb. 34. H. 2. Bl. 1.
Well's premier gas engine. Iron 39. p. 464.
Weller's combined gas engine and exhauster. Eng. 74. p. 310.
Weyman's trusty gas engine. Ind. 9. p. 568. Iron 37. p. 185; 35. p. 114; Man. Inv. 5. p. 36; Eng. 72. p. 283.
The White-Middleton's gas engine. Am. Mach. 15. No. 29.
Wilberg, Viktoria-Gasmotor. Uhlands W. T. 4. p. 11. Maschinenb. 25. p. 305.
Witz, Les moteurs à gas à l'Exposition de 1889. Techn. 52. p. 114; Gaz 33. p. 149.
Woodfield, Gasengine. Eng. 77, 358.

II. Petroleum- und Benzin-Motoren.

Akroyd's oil engines. Mech. World 8. p. 257.

Hornsby-Akroyd Portable Oil Engine. Eng. 1893. p. 549.

Allison, Oil Engines in Tramcars. Eng. 1893. II. p. 219, 237, 273.

Altmann-Küpermann's petroleum motor. Engng. 50. p. 454. Ann. Gew. 27. p. 233; Schlosser-Z. 8. p. 4; Maschinenb. 25. p. 161; Sc. Am. Suppl. 30. p. 12444; Z. d. Ing. 38. No. 8.

Appareil's évitant les fluctuations depression pour l'alimentation des moteurs à gaz. Gaz 33. p. 177.

Baker and Co., 20 HP. Oil Engine. Eng. 1893. p. 469.

Balbi's domestic petroleum motor. Sc. Am. Suppl. 33. p. 13388.

Benz, Benzinmotor. Z. d. Ing. 38. Nr. 7.

Blaim, Gas-, Benzin- und Petroleum-Motoren. Mitth. Art. 1892. p. 439.

The Brayton, Petroleum Engine. Engng. 54. p. 88.

Brunler, O., Petroleum Motors. Engng. 1893. p. 317.

Butler's domestic petroleum engine. Sc. Ann. Suppl. 30. p. 12282; Ind. 8. p. 464; Eng. 70. p. 65; Iron 35. p. 533. Uhlands W. T. 5. p. 14. Skizzenb. 33. H. 5; Engng. 57. p. 838.

Cail, Moteur à pétrole. Rev. ind. 20. p. 74.

Caldwell's 100 HP. gasoline engine. Sc. Am. 67. p. 335.

The Campbell Oil Engine. Eng. 1893, II. p. 521; 77. p. 8; Engng. 57. p. 741.

Campbell's Petrol. Lokomobile. Engng. 57. p. 834.

Capitaine, Schnellgehende Petroleumkraftmaschine. Z. d. Ing. 32. p. 318. Bull. d'enc. 88. p. 621.

Capitaine's petroleum motor. Engng. 53. p. 10; 57. p. 479; Mech. World 12. p. 71.

Clayton and Shuttleworth's „Trusty" Oil Engine. Eng. 1893, II. p. 521.

Oil Egines in Tram Cars, Carbo Hydrogen. Engng. 1893, II. p. 237.

Connelly, Moteur à pétrole pour tramways. Rev. ind. 21. p. 437.

Oil Engines in Tram Cars, the Connelly Motor Co. Eng. 1893, II. p. 273.

Crossley's oil engine. Iron 39. p. 554. — 4 HP. Oil Engine. Eng. 1893. p. 548, 575; 77. p. 540.

Crossley, Petrol.-Lokomobile. Engng. 57. p. 807.

Daimler, Le moteur à pétrole. Nat 16. 2. p. 291. — For driving dynamos. El. World 14. p. 370; Mech. World 7. p. 12.; Ind. 8. p. 553; Inv. nouv. 3. p. 183; El. Anz. 9. p. 1039; Mech. World 12. p. 166. Masch. Constr. 25. p. 235; Eng. News 28. p. 408; Engng. 1893. p. 322, 323. Techniker 13. p. 54; Sc. Am. 64. p. 82; L'Electr. 15. p. 42; Lum. él. 39. p. 36; Rev. ind. 22. p. 421; El. World 17. p. 42; Ind. 10. p. 162; Technol. 53. p. 160; Iron A. 47. p. 116; Z. d. Ing. 38. Nr. 7; Eng. 75. p. 322.

Dheyne, Moteur à pétrole. Ingén. 12. p. 161; Glas. Ann. 32. p. 101.

Diederichs, Moteur à pétrole. Portef. éc. 37. p. 153.

Durand, Moteur à pétrole fonctionnant également pour le gaz. Publ. ind. 32. p. 485; Rev. ind. 20. p. 381; Rev. él. 10. p. 436; Ind. 9. p. 448.

Durky, Some forms of petroleum-engines. Proc. Civ. Eng. 110. p. 355. 1892.

Gerhardt und Oehme, Petroleum-Motor. Pr. Masch. Constr. 1893. p. 183.

The Griffin. Oil engine. Iron 40. p. 335; Eng. 74. p. 487; Engng 54. p. 585; Rev. ind. 1893. p. 441.

Griffin's Petroleummotor. Eng. 78. p. 26; Engng. 57. p. 479; Iron 36. p. 467; Ind. 9. p. 404; Mech. World 8. p. 176.

Grob und Co., Petroleum-Motoren. El. Anz. 9. p. 1387; Ann. Gew. 31. p. 83; Eng. 1893, II. p. 21; Z. d. Ing. 38. Nr. 8.

Grob, Petroleummotor. Engng. 57. p. 822; Prakt. M. Konstr. 1893. p. 109.

Der Hargreave'sche Thermomotor. Techniker 10. p. 49.

— Thermomotor für flüssige Brennstoffe. Dingl. 270. p. 12.

Height's naphtha engine for pumping purposes. Ind. 10. p. 149. Gew. Bl. Bayr. W. 23. p. 212.
Herbst, Petroleummotor. Z. d. Ing. 38. Nr. 8.
Hille's Petroleummotor. Uhl. Techn. Rundsch. 1893. p. 129.
Historique du moteur à vapeur d'ether. Inv. nouv. 5. p. 442.
The Hornsby-Akroid oil engine. Iron 37. p. 560; Eng. 72. p. 260.
— Oil Engines at the Chicago Exhibition. Eng. 1893, II. p. 367, 385.
— Portable oil-engine. Iron 40. p. 532; Engng. 55. p. 838, 57. p. 478, 777.
Kaselowsky, Petroleum-Motor. El. Anz. 1892. 9. p. 1154.
Knight's Oelmotor. Uhlands W. T. 1893. p. 13; Iron 33. p. 569; Ind. 7. p. 2; Eng. 68. p. 136; Sc. Am. Suppl. 28. p. 11580
— Petroleum machine. Mech. World 7. p. 256; Engng. 49. p. 737. Engng. 1893. 805.
Kühlungen von Gas- und Petroleummotoren. Dingl. 290. p. 204.
Lenoir, Moteur à pétrole. Rev. ind. 19. p. 93.
— Moteur à air carburé. Portef. éc. 33. p. 33. — Machine à essence de pétrole appliquée à la navigation. Ingén. 12. p. 33.
Moteur Lenoir à gazoline. Technol. 52. p. 145.
Lindahl, L. T., Petroleum Motors. Engng 1893. p. 131.
Lindner's petroleum engine. Engl. Mech. 52. p. 411. 1891.
Der Petroleum-, auch Gas- oder Explosions-Motor nach den Patenten von Marcus in Wien. Gew. Bl. Bayr. W. 20. p. 519; Maschinenb. 24. p. 165.
6 HP. engine of the naphta launch Mignon. Engng. 54. p. 319.
Molitor, Gasmaschine d. Firma — & Co. System Altmann-Küstersmann. Z. d. Ing. 38. Nr. 8.
Naphta-Dampfmaschine. Maschinenb. 27. p. 35.
Neue Erdölkraftmaschinen. Dingl. 1889, 271. p. 488; 287. p. 148.
Oil Engines of 20 HP. Eng. 1893. p. 469, 513.
Otto's Benzinmotor. Eisen-Z. 9. p. 380.
— Petroleummotor. Uhlands W. T. 3. p. 1; Uhl. Techn. Rundsch. 1893. p. 201.
The Otto gasoline engine. Iron A. 48. p. 1107; Sc. Am. 65. p. 312; Man. Build. 23. p. 265.
Penney, The safety petroleum engine. Iron 37. p. 560.
Moteur à essence de pétrole. Changement de marchet et mise en train automatique. Nat. 1890. 18. p. 389.
Petroleummotoren. Techniker 11. p. 19. Hopfen-Z. 28. p. 534; Eng. 65. p. 490; Masch. Constr.22. p. 106.
Petroleummotoren, Ausstellung für Unfallverhütung. Z. Maschinenb. 1889. 6.p. 70, 379.
Petroleummotor mit rascher Expansion. Z. d. Ing. 34. p. 976. 1890. Engng. 53. p. 321. Ind. 11. p. 506; Eng. 72. p. 240.
Petroleummotor auf der Ausstellung d. Roy. Agricult. Soc. Eng. 77. p. 567, 78. p. 8, 25.
— auf der Cambridger Ausstellung. Engng. 57. p. 833.
— auf der Wanderausstellung d. deutschen Landwirthschaftsges. Gl. Ann. 1894. Nr. 410. p. 39.
— auf der Ausstellung d. R. Agric. Soc. in Chester. Eng. 75. p. 548.
Moteur domestique á petrole d'une puissance de 15 kilogrammétres. Nat. 18. p. 372.
Priestman's petroleum engine. Engng. 45. p. 478; Iron 31. p. 380; Ind. 4. p. 490; Sc. Am. Suppl. 25. p. 10395. 1888. Rev. ind. 19. p. 215; Iron 35. p. 553; Glas. An. 34. p. 13.
— Portable petroleum motor. Engng. 47. p. 711; Eng. 67. p. 522; Ind. 6. p. 605; Mech. World 6. p. 22; Electr. 24. p. 174; Mech. 10. p. 217; Iron 33. p. 160, 563.
— 5 HP. petroleum engine. Ind. 11. p. 64; Iron 30. p. 266; Eng. 72. p. 260; Mar E. 13. p. 171; Iron 38. p. 535; Engng. 51. p. 730; Maschinenb. 26. p. 369.
— 25 HP. oil engine. Engng. 53. p. 359, 782. Eng. 73. p. 255; Iron 39. p. 422; Eng. Gaz 1892. 5. p. 199; Engng. 54. p. 105; 57. p. 478.
— Marine oil engine and launch. Iron 39. p. 559; Sc. Am. Suppl. 34. p. 13831; Eng. 1893. p. 367, 551.
— 20 pferd. Aufz.-Masch. und Petroleummotor. Eng. 78. p. 5.
— Double Cyl. Oil. Eng. Engng. 55. p. 868; Eng. 75. p. 367.

Moteurs à pétrole Quillefeldt et Spiel. Publ. ind. 32. p. 429.

De Quillfeldt's naphta launch engine. Railw. Eng. 63. p. 573.

Ragot, Moteur au pétrole. Eng. 68. p. 144.

The Regan, Vapor or gas engine. Eng. min. 52. p. 219; Iron A. 47. p. 52.

— Carbureter for gas engines. Gas Light 52. p. 40.

Reithmann, Neuer Gasmotor (Petroleummotor) für Orte ohne Gasanstalt. Erfind. 16. p. 174.

The Richard's oil engine. El. World 12. p. 268.

— Les moteurs à pétrole depuis 1889. Bull. d'enc. 91. p. 651, 750.

The Robey, portable oil engine. Iron 40. p. 116; Engng. 53. p. 775; 57. p. 808, 810, 842; Eng. 73. p. 540; 78. p. 5, 9.

Robinson, Petroleum oil engines. J. Gas L 58. p. 577; Gas Light 55. p. 566; Engng. 52. p. 400; Eng. 72. p. 218; Electr. 27. p. 642.

Robinson, Use of petroleum in prime movers. Engng. 53. p. 327.

Rocket, Petroleum Engine, Robt. Stephenson and Co. Eng. 1893. 388; Engng. 55. 862, 57. p. 479.

Ronneberg, Sind Benzin- oder Petroleummotoren als Betriebskraft für Meiereien verwendbar? Landw. W. Schl. 38. p. 19.

— Petroleum-Motoren im Molkereibetriebe. Milch.-Z. 19. p. 553.

Root's Petrol. Engine. Engng. 57. p. 479; s. auch Vosper u. Co.

Rost's oil engine for launches. Mar. E. p. 302; Ind. 13. p. 344; Eng. Gaz. 5. p. 252; Eng. 74. p. 289; Iron 40. p. 317; Eng. 1893. 257. — Eng. 1893 II. 522.

Petroleum-Schiffsmotor von Rouart Frères u. Co. Uhlands W. T. 2. p. 129.

Engines, Oil and Gas at the Royal Agricultural. Eng. 1893. p. 548, 549, 575, 576, 577.

Samuelson, Petroleummotor. Engng. 57. p. 835.

Schiltz, Erdölmotor. Dingl. 271. p. 308.

Shipman, Moteur à pétrole. Ingén. 10. p. 289; Sc. Am. 59. p. 70.

The Shipman petroleum engine. Man Build. 23. p. 269.

Sims and Co., The Daimler 10 HP. Petroleum Launch Motor. Eng. 1893. p. 323.

Smithfield-Ausstellung. Oil-Engines. Engng. 1893. 703.

Petroleummotor System Spiel. Maschinenb. 23. p. 104; Mech. 10. p. 82; Chron. ind. 11. p. 591.

Trusty Petroleum engine. Engng. 54. p. 707; 57. p. 479, 711.

Unwin, Petroleum engines. Proc. Civ. Eng. 109. p. 1; Engng. 53. p. 321; Eng. 73. p. 212.

Vosper & Co. 16pferd. Petroleummotor f. Yacht „Lucerna". Syst. Root. Engng. 57. p. 647; Iron 41, 246.

Der Petroleummotor „Vulcan" v. G. Kuhn in Stuttgart und seine Verwendbarkeit auf Segelschiffen. Naut. Z. 1. p. 174.

Leistung d. „Vulcan", Grube Gerhard. Z. Berg-, Hütten-, Sal.-Wes. 1893. p. 213.

Walker, Combined petroleum engine and mining drill. Ind. 11. p. 368.

Wanted, Oil Engines. Eng. 1893. p. 513.

Waynforth, Oil Engines. Eng. 1893 II. 538.

Weyman's Trusty oil engines. Iron. 38. p. 512; Eng. 72. p. 458.

Weyman, Trusty petroleum engine. (2 Cyl.) Iron 40. p. 69, 511; Engng. 54. p. 707; Engng. 1893. p. 349; Eng. 75. p. 469; 78 (1894) p. 27.

Weyman and Hitchcock, Vertical Oil Engine. Eng. 1893. p. 249, 513, 544. 1893 II. p. 385; 1894. I. p. 541.

Moteur à hydrocarbure Yarrow. Mon. ind. 15. p. 220; Chron. ind. 11. p. 314, 366.

Yarrow's Petroleum engine. Eng. 65. p. 427; Z. V. d. Ing. 32. p. 750; Mech. World 3. p. 168; Engng. 45. p. 349.

III. Generatorgas, Wassergas; seine Erzeugung und Anwendung zu motorischem Betrieb.

Carburated Watergas. Engng. 58 (1894) p. 89.
Delamare, Appareil à carburer l'air pour moteurs à gaz. Rev. ind. 21. p. 211.
Dowson-Gas zum Motorenbetrieb für elektrische Beleuchtungsanlagen. Mitth. Metall 5. p. 104; Dingl. 271. p. 582; Lum. élec. 47, 274.
Consommation d'un moteur Delamare alimenté au gaz Dawson. Portef. éc. 36. p. 55.
Dowson, Water gas for gas engines. Eng. min. 54. p. 173; Eng. 75. p. 37; Engng. 55. p. 53.
Trial of large gas engines with Dowson gas. Eng. 73. p. 126.
Dowson's and other Gas Engines. Eng. 1893. p. 38.
Witz, Versuche mit einem 100 HP. Dowson-Gasmotor. Elektr. Z. 13. p. 94.
Wettbewerb zwischen Dowson-Gasmaschine und Dampfmaschine. Z. d. Ing. 1893. p. 1017; Dingl. 1894. Bd. 292. p. 216; Eng. 1893. 1. p. 431; J. Gasb. Wassv. 1893. p. 722.
Ebbs, Gasmotoren mit Generatorgasbetrieb. Z. d. Ing. 1891. 35. p. 907.
The Clark, process of manufacturing water gas. Americ. Gas Light journ. 56. p. 78.
Collins, selection of anthracites for water gas. Americ. Gas Light journal 57. p. 690.
Compactum fuel water gas plant Gaseous fuel Co. Industries 13. p. 138.
Jenkins, fuel gas as viewer trough a coal gas mans spectacles. Am. Gas Light journal 56. p. 848.
Jenanne, Fours pour la production du gaz à l'eau carburè. Constructeur d'usines à gaz 30. Tafel 1, 2.
Kitson, Fuel gas its production and distribution. Journal of Gas Lighting 59. p. 112.
Levezzari, Le gaz à l'eau. Mémorie de la Société des ingènieurs civils 45, 2. p. 141.
Paddon Goulden technologie of water gaz. J. of Gas Lighting 59. p. 908.
The Rose fuel Gas process. Am. Gas Light journal 56. p. 8.
Rund, Automatic steam regulators for water gaz producers. Am. Gas Light journ. 57. p. 912.
Rusby water gas condensation. Am. Gas Light journ. 57. p. 729.
The Wilkinson water gas plant at the works of the Milwaukee Gas Light Co. Am. Gas Light journ. 57. p. 399.
Versorgung mit Gas für Beleuchtung, Heizung und Kraftabgabe. Eisen und Metall, Fachblatt 1892. p. 49; Dampf 9. p. 451.
Fuel gas system of the Chicago heat storage Co. Iron Age 49. p. 760.
Collins, Gas making apparatus (für karburirtes Wassergas). Am. Gas Light journ. 56. p. 631.
Fulton, Der Fourness-Prozess zur Erzeugung von Leuchtgas Chemiker Zeitung Rep. 16. p. 159.
Goulden, Karburirtes Wassergas in Beckton. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 26.
Nerris, Der theoretische Effekt der Vorwärmung durch Luft, Dampf und Oel beim Wassergasprozess. Chemiker Zeitung Rep. 16. p. 24.
Zwischenbehälter in der Wassergasfabrikation. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 307.
Naumann, Zur Theorie der Wassergas- und Generatorgasbildung. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 288.
Glasgow, Karburirtes Wassergas. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 78.
Eisenkarbonyl in Kohle und Wassergas: Roscoe u. Scudder Berthellot und Floud. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 12.
Roscoe u. Scudder, Einwirkung d. Wasserdampfes auf Eisen. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 609.
Langer, Apparat zur Erzeugung von Wasserdampf. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 35. p. 106.
Vorschriften bei Verwendung d. Wassergas u. Halbwassergas zur Abwendung gesundheitsschädlicher Wirkungen. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 31.
Paddon u. Goulden, Technologie d. Wassergases. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 523.

Beimischung eines Riechstoffes zur Bemerklichmachung des Gases. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 31.
Dicke, Ueber Wassergas und dessen Verwendung. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 545.
Krupp, Verfahren zur Gewinnung von Wasserstoff und Kohlensäure sowie Wassergas. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 660.
Hempel, Granger—Wassergasprozess. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 467.
— Mc. Kenzie-Prozess. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 467.
— Tessie du Motay-Process. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 465.
— Holzgasprozess. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 469.
— Kalkgasprozess. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 468.
Harris, Erzeugung von Wassergas mit nur einem Regenerator. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 37. p. 94.
Lewes, Karburirtes Wassergas. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 37. p. 108.
Strache, Fortschritte in der Erzeugung und Verwendung von Wassergas. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 37. p. 154.
— Zur Diskussion über den Vortrag des Herrn Oechelhäuser. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 37. Heft Nr. 11.
Coglievina, Verbindung der Wassergas- mit der Kohlen- und Oelgas-Fabrikation. Bautechniker 11. Nr. 13.
Strache, Fortschritte in der Erzeugung und Verwendung d. Wassergases. Ztschr. d. Oesterr. Ingenieur- u. Architektenverein 1894. Nr. 1.
United Gas Improvement Co. Lowe water gas-apparatus. Philadelphia penna 1890.
Humphreys water gas in the United States. New York 1889.
Osthues, Fabrikation und Verwendung des Wassergases. Dortmund 1885.
Blass, Ueber Wassergas. Stahl u. Eisen 1886. Nr. 1.
Strache, Wassergas und elektrische Beleuchtung. Gastechniker 1894. Nr. 9.
Europ. Wassergas-Aktiengesellschaft. Bericht über Wassergas. Essen 1890.
Strache, Das Wassergas. Schweickhart's Tagebuch f. Gastechniker 1894.
Langer, Ueber Wassergas. Oesterr. Ingenieur- u. Architektenverein 1887. No. 1.
Geitel, Wassergas und seine Verwendung. Berlin 1890.
Strache, Wassergas, seine Herstellung und Verwendbarkeit. Chemisch-technisches Korrespondenzblatt. Wien 1894. Nr. 1. (1. April).
Mannesmann, Verfahren und Apparat zur Erzeugung von Wassergas. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 480.
— Der Lowe Apparat. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 36. p. 533.
Strache, Wassergas und seine Verwendung zu Heizungs- und Beleuchtungszwecken. J. f. Gasbel. u. Wasservers. 37. p. 26 u. 41.

IV. Theoretische Aufsätze.

Donat Banki, Zur Theorie der Gasmotoren. Z. d. Ing. 1893. p. 34.
Bodmer, Theory of hot air and gas engine. Ind. 4. p. 233.
Ebbs, Die Verbrennung in der Gasmaschine. Z. d. Ing. 33. 1889. p. 237.
Das Gas als Betriebskraft. Mech. Arb. 15. p. 251.
Guthrie, Thermo-dynamic analysis of the gas engine. Ind. 4. p. 329; J. Gas L. 51. p. 598.
Indikatordiagramm, das — der Petroleummotoren. Eng. 77. p. 529.
Internal combustion engines. J. Gas L. 58. p. 111. 1891.
Köhler, Der Gasmotor im Vergleiche mit der Dampfmaschine. Z. d. Ing. 1893. p. 89.
Körting, Zum Diagramm der Gasmaschine. Z. d. Ing. 1888. 32. p. 261.
Kraftbremsen und ihre Handhabung bei Gasmotoren. J. Gasbel. 1892. 35. p. 721.
Lefer, Le travail des gaz et son application aux maschines. Mem. S. eng. civ. 41. 1. p. 76.

R. Proell, Berechnung d. Gas- u. Luftverbrauchs bei Gasmaschinen. Z. d. Ing. 1891. p. 283.
Rhéométre antifluctuateur pour moteurs a gaz. Rev. ind. 22. p. 446. 1891.
Schöttler, Die Gasmaschine. Z. Eisenb.-Verw. 30. p. 234.
Slaby, Die Zukunft der Gasmotoren. Tischler-Z. 1889. No. 33.
— Calorimetrische Untersuchungen über den Kreisprocess der Gasmaschinen. Verh. V. Gewbfl. 1890. p. 23, 90, 133; Chem. Z. Rep. 14. p. 72.
— Heizwert des Leuchtgases mit Bezug auf die Verwendung in Gasmaschinen. J. Gasbel. 33. p. 139; Dingl. 278. p. 135.
— Kalorimetrische Untersuchungen über den Kreisprozess d. Gasmaschine. Berlin 1894. Verlag von L. Simion.
Witz, The thermic motor of the futaire (Gasmaschine Dowson Gas). Sc. Am. Suppl. 31. p. 12761. 1891.
Die Zukunft der Gasmaschinen. Maschinenb. 1888. 18. p. 106.

V. Versuche an Gas- und Petroleummotoren.

Amtliche Prüfung von Erdölmotoren für die Landwirthschaft in Dänemark. Z. Dampfk. Ueberw. V. 1893. p. 316.
Arndt, Gas- und Oelverbrauch bei grösseren Gaskraftmaschinen. Z. d. Ing. 1892. 36. p. 871; Eisenb.-Z. 13. p. 979.
Beaumont, Trials of Trusty Oilengine of Weyman u Hitchcock. Industr.-Iron 15. p. 165, 166.
Davies, Gas engine experiments. Eng. 70. p. 250.
Donkin, Diagramm on „a time base“ for steam and gaz engines. Eng. 76. p. 503; Engng. 56. p. 669.
Gas engines. Practical results and comparisons. Gas Light 54. p. 811.
Gas engine economy. Engng. 53. p. 203.
Gasverbrauch von Gasmotoren. Dingl. 271. p. 349.
Gasmotore für Orte ohne Gasanstalt. Schlosser-Z. 7. p. 7.
Heck, Experiments with inflammables and explosives atmospheres of petroleum vapour. Engng. 53. p. 489; Eng. 73. p. 334.
Klagen über den grossen Gasverbrauch von Gasmotoren. Gew. Z. 53. p. 405.
Klagen über den grossen Gasverbrauch von Gasmotoren. Hann. Gew. Bl. No. 12. p. 189.
Kommission zur Untersuchung von Gasmotoren. Z d. Ing. 1892. p. 900.
Miller, efficiency of gas engines Eng. 69. p. 485; J. Gas L. 56. p. 874.
Society of arts, gas engine trials. Eng. 67. p. 177; Electr. 22. p. 484.
Spangler, Vers. 100pf. Otto Zwill. M. J. Frankl. Inst. 135. p. 340.
Special rates for gas consumed in gas engines. Gas Light 50. p. 109.
Trial of cycle gas engines and pumps. Uxbridge water works. Electrot. Z. 73. p. 128. 1892.
Versuche an Petroleummotoren a. d. Ausst. d. Roy. Agricult. Soc. Eng. 77. p. 567.
Witz, Trial of a 100 horse power simplex gas engine. El. Rev. 28. p. 556; Gas Light 1891. 54. p. 333.
— Compt. rend. d. exper. fait à Lille av. Crossley-gazmot. Rev. ind. 1893. p. 483.

VI. Zündvorrichtungen.

Girant, Distributeur d'etincelles electriques pour moteurs à gaz. Rev. ind. 22. p. 446. 1891.
Igniting Apparatus for gas engines. Eng. Mech. 47. p. 46.
Ignition Tubes for Gas Engines. Eng. 1893. p. 403.
Lieckfeld, Die Glührohrzündung bei Gas- und Petroleummotoren. Z. d. Ing. 1893. p. 1425, 1615.
Ueber d. Entwicklung d. Zündvorr. f. Gasm. Journ. Gasb. Wass. 1893. p. 301.
Lux, Regelungsvorrichtung für Gasmaschinen-Zündflammen. J. Gasbel. 1891. 34. p. 517.

Zündvorrichtung der Simplex-Gasmaschine. Gew. Bl. Bayr. 21. p. 714; Rev. ind. 20. p. 282.
Wellington, Unverbrennliches Glührohr f. Gasm. Eng. 75. p. 403.
Siehe auch Gasmotor Hering.

VII. Vermischtes.

Anlassvorrichtung f. Gasmot. v. Niel. Gén. civ. 23. p. 362; Lum. élect. 51. p. 333.
Anlassvorrichtung f. Gasmot. am Stockportgasmot. Eng. 76. p. 411.
Bauer, Das Andrehen von Gasmotoren durch die Dynamomaschine. Elektr. Z. 11. p. 688. L'Elektr. 15. p. 103.
Ehrhardt, Vermiethung von Gasmotoren. J. Gasbel. 31. p. 518.
Gas Tramcar Engine. Eng. 1893. II. p. 424.
Gas motors and their importance for small industries. J. Gas L. 33. p. 488.
Gaspreise f. motor. Betrieb. Z. d. Ing. 1894. p. 208.
Gwyn, First cost of gas engine. Gas Light 48. p. 223.
Hearsons thermogen. Ind. 5. p. 286.
Increased Use of Gas Engines in Germany. Eng. 1893, II. p. 589.
Mannesmann, Druckluft- (und Druckgas-) Anlage für Gasmaschinen. Stahl und Eisen 1891. p. 423.
Niemann, Gasmotorenzuleitungen und die daran gegen das Zucken der Flammen zu treffenden Vorkehrungen. Z. d. Ing 1893. p. 560.
v. Oechelhäuser, Kraftversorgung durch Steinkohlengas. Verh. V. Gewbfl. 1892. Sitz.-Ber. p. 276.
Patrick's Schalldämpfer für Auspuffmaschinen. Baug. Z. 24. p. 961; Schlosser-Z 10. p. 337; El. Rundschau 10. p. 17.
Schäfer, Kraftversorgung d. deutschen Städte durch Leuchtgas. J. Gasbel. 1894. p. 318.
Tramcar with Gasengine. Eng. 77. p. 548; Engng. 57. p. 808.
Verwendung von Gasmotoren für Strassenbetrieb. Z. d. Ing. 1893. p. 1247; J. f. Gasb. Wass. 1893. p. 201.
Wechselschieber mit Mischdüse an Gasmotoren zur Herstellung eines stets gleichen und innigen Gas- und Luftgemenges. Erfind. 17. p. 567.
Witz, Graissage des moteurs à gaz. Mon. ind. 1888. 16. p. 6.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Alphabetisches Namen- und Sach-Register.

Adiabatische Kurve 5.
Aequivalent, mechanisches der Wärme 1.
Anlassen, das, der Gasmaschinen 80, 246.
Anwendung der Gasmaschinen 329.
Arbeit, effektive 8.
— indizirte 7.
Atkinson, Gasmaschine von 186.
Atmosphärische Maschinen 13, 106.
— Maschine von Otto-Langen 108.
Aufstellung eines Gasmotors 236.
Auspuff 237.

Baldwin-Gasmotor 95.
Barber 86.
Barnett 87.
Barsantti und Matteuci 88.
Bauart der Gasmaschine im Allgemeinen 43.
Beau de Rochas 90.
Belmont, Chabout et Diéderichs 301.
Bénier, Gasmaschine von 117.
Benz 95, 216, 242, 295.
— Petroleum-Motorwagen 336.
Benzinmotoren 267, 277.
— von Benz 295.
— Daimler 296.
— Durand 292.
— Lenoir 279.
Benzinmotor von Otto 282.
— „Simplex“ 289.
— von Tenting 290.
Betriebskosten der Gasmaschinen 342 u. ff.
Biétrix, konischer Drehschieber von 58.
Bisshop, Gasmaschine von 115.
Brayton 91, 230, 299.

Calorimetrische Untersuchungen der Gasmaschine von Slaby 351.
Capitaine-Swiderski's Petroleummotor 318.
Carnot'scher Kreisprozess 6.
Charon, Gasmotor von 95, 179.
Clerk, Gasmotor von 92, 212, 265.
Crusslanks 87.
Cylinder der Gasmaschine 83.

Daimler 95, 175.
— Benzinmotor 296.
— Petroleummotor 306.
— Petroleummotorwagen 337.
Delamare, Deboutеville und Malandin, Simplex-Motor von 155.
Diesel 102.
Disponible Wärme 7.
Dowson-Wassergas 254.
Ducretet, Oelreinigungsapparat von 78.
Dürrkop, Gasmotor von 208.
— Petroleummotor von 309.
Durand, Motor von 176.
— Benzinmotor von 292.
Dulaurier'sches Element 241.

Eintheilung der Gasmaschinen 12.
— nach ihrer Bauart 43.
Elektrische Regulatoren 63.
— Zündung, Elemente für 249, 250.
Explosionsgeschwindigkeit nach Mallard-Le Chatelier 38.
— Slaby 353.
Explosionsmaschine mit Verdichtung der Ladung 13
— ohne Verdichtung der Ladung 12.

Federregulator 62.
Forest, Gasmaschine von 119.
— Schiffsmaschine von 54, 95.
Füllung der galvanischen Elemente für elektrische Zündung 249.
Fundament der Gasmaschine 236.

Galvanische Elemente, Rezepte für die Füllung der 250.
Gasdampfmaschinen 52.
Gasentnahme, die — bei Gasmaschinen 238.
Gaslokomobilen, die 332.
Gaslokomotiven, die 335.

Gasmaschinen, Anwendungen der 329.
— Eintheilung 12.
— Erklärung 11.
— der Pariser Weltausstellung 94.
— der Chicagoer Weltausstellung 210, 231.
— doppeltwirkende 45.
— Eintheilung der 12, 43.
— liegende 44.
— stehende 43.
— umsteuerbare 53.
— von Atkinson 186.
— Bénier 117.
— Benz 216.
— Bisshop 115.
— Charon 179.
— Clerk 212.
— Daimler 175.
— Dürkopp 208.
— Durand 174.
— Forest 119.
— Griffin 226.
— Hille 200.
— Kappel 196.
— Körting 163.
— Lenoir 104, 149.
— Lutzky 192.
— der National-Meter-Co. 231.
— Otto 125.
— Otto-Langen, atmosphärische 108.
— Ravel 221.
— Root's Economic Co. 210.
Gasverbrauch der Gasmaschinen 149, 162, 171, 184, 186, 191, 196, 200, 204, 220, 229, 344 u. ff., 356.
— des Leerlaufs 355.
Grob's Petroleummotor 312.

Hallewell 91.
Hautefeuille 86.
Heissluftmaschinen 9.
Heizkörper von Körting 241, 245.
Hille's Motor 200.
Hock 91.
Hugon 89.
Huyghens 86.

Isothermische Kurve 5.

Kappel, Gasmotor der Maschinenfabrik 196.
Karburirapparat von Jauner 271.
— Lothammer 269.
— Meunier 270.
Karburirte Luft 74.
Körting, Gasmaschine von 163, 245.
— Heizkörper 241, 245.
Koks-Beschaffung für grössere Wassergasanlagen 262.
Kolben der Gasmaschinen 83.
Konstruktionseinzelheiten der Gasmaschinen 55.
Kreisprozess 6.
— von Carnot 6.
Kühlvorrichtungen 74, 239, 245.

Ladungsmenge, Veränderung der 62.
Lebon 87.
Leerlaufsgasverbrauch 355.
Lenoir 34, 88, 95.
— Benzinmotor 279.
Luft, karburirte 74.
Luftentnahme 237.
Lutzky-Motor 192.

Mallard und Lachatellier 25.
Mariotte-Gay-Lussac-sches Gesetz 2.
Mead 87.
Mechanisches Wärmeäquivalent 1.
Membransteuerung der Otto-schen Motoren 142.
Million 90.
Mire 95, 214.
Montage 237.

Naphtamotor d. Gas Engine & Power Co. 326.
Newcomen 86.
Niël 94.
Nobel's Petroleummotor 324.
Noël 95.

Otto, Aufstellung einer Maschine von 243.
— Benzinmotor von 282.
Otto, Gasmotor 125.
— Gasmotor mit Dowson-gasbetrieb 264.
Otto-Langen, atmosphärische Maschine von 35, 91.

Papin 86.
Pariser Weltausstellung, Gasmaschinen der 94.
Pendelregulator von Sombarth 206.
Petroleumlokomobile v. Daimler; Betriebskosten 308.
— von Grob 314.
Petroleummotor von Belmont, Chabout und Diéderichs 301.
— Brayton „Readymotor“ 298.
— Capitaine-Swiderski 318.
— Daimler 306.
— der Chicagoer Weltausstellung 324, 326.
— Dürkopp 309.
— Grob 312.
— Nobel 324.
— Ragot 304.
— der Sintz Gas Engine Co. 315.
Petroleummotorwagen von Benz 336.
— von Daimler 337.
Petroleumverbrauch von Petroleummotoren 308, 309, 315, 326, 328, 338, 345.

Ragot, Petroleummotor von 301.
Rahmen der Gasmaschinen 82.
Ravel 91, 95, 221.
Readymotor von Brayton 298.
Rech 88.
Regulirung der Geschwindigkeit der Gasmaschine 59, 214, 248.
Reinigung der Schmieröle 78.
Rippenkühlung 74.
Robson 213.
Rollason 225.
Root's Economic Gasengine 210.

Schiffsmaschine, umsteuerbare von Forest 54.
Schmieröle 77.
— Reinigung der 78.
Schmierung 76.
Sechstaktmaschinen 225.
Selbstanlasser 81.
Simon 91, 230.
Simplex-Benzinmotor 289.
— Gasmotor 155.
Sintz Gas Engine Co., Petroleummotor der 315.
Slaby, Calorimetrische Untersuchungen der Gasmaschine 351.
Sombarth-Motor 205.
Specifische Wärme bei konstantem Druck 16, 25.
Specifische Wärme bei konstantem Volumen 16, 26.
Steuerung, Membran — der Otto'schen Motoren 142.
Steuerungen, die, der Gasmaschinen 55.
Stockport 213.
Street 86.
Swiderski's Petroleummotor System Capitaine 318.

Tenting 95, 172.
— Benzinmotor 290.

Umsteuerbare Gasmaschinen 53.
Umsteuerung d. Gasmaschinen 85.

Veränderung der Ladungsmenge 62.
Verbrennungsmaschinen 14.
Verbundgasmaschinen 49.
Verkaufsbedingungen 235.

Wärmeeinheit 1.
Wärmegefälle 7.
Wärmeverluste, Ursachen der 36.
Wahl, die — eines Gasmotors 233.
Wartung der Gasmaschinen 246.
Wassergas 252, 261.
Wassergasapparat von Buire-Lencauchez 258.
— von Dowson 254.
— Lowe 253.
— Pascal 253.
— Strong 253.
Wasserkühlung 74, 245.
Wirkungsgrad, mechanischer 8.
— des Kreisprozesses 8, 23.
Witz, Hypothesen von 41, 351, 354.
Wright 87.

Zünder, elektrischer 69.
Zündung 64.
— Methoden der 66, 241.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Handbuch
der
Ingenieurwissenschaften
in fünf Bänden. Lex. 8°.

I. Band. Vorarbeiten. Erd-, Strassen-, Grund- und Tunnelbau, sowie Konstruktion der Stütz- und Futtermauern. Zweite Auflage.

1. Abteilung: Vorarbeiten. Einfluss des Eisenbahnbetriebes auf das Alignement. Erd- und Felsarbeiten. Bauleitung. 1883. geh. ℳ 16, geb. ℳ 19.
2. Abteilung: Konstruktion der Stütz- und Futtermauern, Strassen- und Grundbau. 1884. geh. ℳ 22, geb. ℳ 25.
3. Abteilung: Erdrutschungen. Tunnelbau. 1887. geh. ℳ 18, geb. ℳ 21.

II. Band. Der Brückenbau. Zweite Auflage.

1. Abteilung: Die Brücken im Allgemeinen. Steinerne und hölzerne Brücken. Aquadukt- und Kanalbrücken. Kunstformen des Brückenbaues. 1886. geh. ℳ 24, geb. ℳ 27.
2. Abteilung: Eiserne Brücken im Allgemeinen. Eiserne Balkenbrücken. 1890. geh. ℳ 22, geb. ℳ 25.
3. Abteilung: Bewegliche Brücken. 1888. geh. ℳ 8, geb. ℳ 11.
4. Abteilung: Eiserne Bogenbrücken und Hängebrücken. 1888. geh. ℳ 10, geb. ℳ 13.
5. Abteilung: Eiserne Brückenpfeiler. Ausführung und Unterhaltung der eisernen Brücken. 1889. geh. ℳ 10, geb. ℳ 13.

III. Band. Der Wasserbau.

1. Abteilung, 1. Hälfte: Voruntersuchungen. Binnengewässer. Stauwerke. Dritte Auflage. 1892. geh. ℳ 14, geb. ℳ 17.
1. Abteilung, 2. Hälfte: Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. Dritte Auflage. 1893. geh. ℳ 20, geb. ℳ 23.
3. Abteilung: Wasserbau am Meere und in Strommündungen. Zweite Auflage. 1884. geh. ℳ 24, geb. ℳ 27.

IV. Band. Die Baumaschinen.

2. Abteilung: Hilfsanlagen für den Materialtransport und die Errichtung von Hochbauten. Apparate und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern. Gesteinsbohrmaschinen. Abbohren von Schächten. Schräm- und Schlitzmaschinen, Tunnelbohrmaschinen. 1885. geh. ℳ 22, geb. ℳ 25.
3. Abteilung: Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen. Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser. Hebemaschinen. Maschinelle Hülfsmittel für Brückenbauten. Mörtelmaschinen. Maschinen für den Bau und die Unterhaltung der Strassen. Hülfsmittel und Verfahren der Materialprüfung. 1890. geh. ℳ 27,60, geb. ℳ 30,60.

Der V. Band: Der Eisenbahnbau befindet sich in Vorbereitung, desgleichen auch die fehlenden Abteilungen der übrigen Bände in neuen Auflagen.

Fortschritte der Ingenieurwissenschaften.

Bisher ist erschienen:

1. Fortschritte im Meliorationswesen von Baurath a. D. A. Hess in Hannover. 1892. ℳ 4.
2. Seekanäle, Strommündungen, Seehäfen. Von Oberbaudirektor L. Franzius in Bremen, G. Franzius in Kiel und Hafenbauinspektor Rud. Rudloff in Bremerhaven. 1894. ℳ 6.
3. Die eisernen Stemmthore der Schiffsschleusen von Prof. Th. Landsberg in Darmstadt. 1894. ℳ 5.

Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Bleich, Jul., Tabellen zur Bestimmung der Contraction und Zugfestigkeit von Probestäben von 19,5—20,5 mm Durchmesser. 8. geh. ℳ 2.—, geb. ℳ 2.40.

Brik, Joh. E., Ueber die Erkenntniss abnormaler Zustände in eisernen Brücken. Vortrag, gehalten in der Wochenversammlung des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins am 12. Februar 1887. Mit 11 Figuren im Text. 8. 1891. ℳ —.80.

Fraissinet, Edm., Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Privatflüsse und Bäche für die Industrie und Landwirtschaft. gr. 8. 1891. ℳ 1.50.

Hochenburger, Fr. v., Ueber Geschiebsbewegung und Eintiefung fliessender Gewässer nebst Darstellung der Mur-Regulierung und anderer grösserer Flusscorrectionen in Steiermark. Mit 8 Tabellen und 9 lithogr. Tafeln. gr. 8. 1886. ℳ 12.—.

Jahn, L. F. A., Die Gasbeleuchtung und die Darstellung des Leuchtgases. Enth.: Geschichtliches über die Gasbeleuchtung, die Beschreibung der Steinkohle und deren trockene Destillation, die fabrikmässige Bereitung des Leuchtgases, die Abgabe des Leuchtgases aus den Gasanstalten an die Consumenten, die Production der Gasanstalten, die Anwendung des Leuchtgases als Beleuchtungs- und Heizmaterial, sowie die Nebenproducte der Gasanstalten: Coaks, Theer und Ammoniakwasser. Mit 24 lithogr. Tafeln. gr. 12. 1862. ℳ 4.50.

Klasen, Ludw., Handbuch der Hochbau-Constructionen in Eisen und anderen Metallen für Architekten, Ingenieure, Constructeure, Bau-Handwerker und technische Lehranstalten. Drei Lieferungen. Mit 993 Holzschnitten und 20 lithogr. Tafeln. Lex. 8. 1876. ℳ 35.—. In einem Bande cartonnirt ℳ 37.—.

Kreuter, Frz., Elementare Theorie des Erddruckes und Berechnung der Stützmauern. Mit 1 lithogr. Tafel. 8. 1878. ℳ 1.50.

Muck, F., Die Chemie der Steinkohle. Für Lehrende und Lernende an höheren und mittleren technischen Schulen, insbesondere Montan-Lehranstalten, sowie zum Selbstunterricht für Chemiker, Berg- und Hüttenleute und Ingenieure. Zweite grösstentheils umgearbeitete und vermehrte Auflage der „Grundzüge und Ziele der Steinkohlenchemie". gr. 8. 1891. geh. ℳ 7.—, geb. ℳ 7.60.

Pfleger, Rob., Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Träger. Ein Hülfs- und Nachschlagebuch für Architekten und Bauunternehmer. kl. 8. 1891. In Leinen gebunden ℳ 2.40.

— Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Stützen. Ein Hülfs- und Nachschlagebuch für Architekten und Bauunternehmer. Mit 59 Textfiguren. kl. 8. 1892. In Leinwand gebunden ℳ 3.—.

Rhotert, Ludwig, Die Zukunft des preussischen Staatseisenbahn- und Staatsbauwesens. Zweite vermehrte Auflage. gr. 8. 1894. ℳ 1.60.

Stellung, Die, des Baufaches und der höheren Bautechniker in der preussischen Staatsverwaltung. Vorschläge zur Reform der allgemeinen Bauverwaltung. 8. 1893. ℳ —.80.

Stellung, Die, der höheren Techniker in der Staatseisenbahnverwaltung. Von einem Fachmanne. Entgegnung auf die Schrift des Herrn Geheimen Oberregierungsrath Ulrich. 8. 1893. ℳ —.60.

Voisin-Bey, Die Seehäfen Frankreichs. Deutsche autorisierte Ausgabe nebst Anmerkungen von G. Franzius. Mit 12 Taf. Lex.-8. 1886. ℳ 11.—.

Weber, Max Maria Freih. v., Die Wasserstrassen Nord-Europa's. Ergebnisse von im Auftrage des Herrn Königl. Preuss. Ministers für öffentliche Arbeiten unternommenen Studienreisen. Mit 6 Karten und 3 Plänen. gr. 8. 1881. ℳ 10.—.

Wex, G. Ritter v., Hydrodynamik. Entwicklung neuer genauer Formeln zur Berechnung der Wasserabflussmengen bei Ueberfallwehren, Grundschleusen, Schützenöffnungen und bei Wasserausleitungen in Kanäle, ferner Mittheilungen über die neuesten, diesbezüglich in Amerika, in Oesterreich und Italien im grossen Maassstabe durchgeführten Versuche. Mit 6 Tabellen und 5 lithogr. Tafeln. Lex.-8. 1888. ℳ 6.—.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

M.SCHIC

Chauveau, Gustave

Die Gasmaschinen Theorie und Konstruktion der mit Leuchtgas, Generatorgas, Petroleum- und Benzindämpfern betriebenen Motoren

Leipzig 1895

Techn. 39 bf
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11888923-1